

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1892

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 16 juin 1892, à 1 heure

Par MAURICE LESIEUR

Né à Paris, le 24 février 1866

LA STÉRILISATION DES EAUX

PAR LA CHALEUR

Au point de vue de l'alimentation publique

Président : M. BROUARDEL, professeur.

*Juges : MM. { CORNIL, professeur.
BALLET, CHANTEMESSE, agrégés.*

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

PARIS

HENRI JOUVE

IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

45, rue Racine, 45

1892

209

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1892

— THÈSE —

N° —

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue le jeudi 16 juin 1892, à 1 heure

Par MAURICE LESIEUR

Né à Paris, le 24 février 1866

LA STÉRILISATION DES EAUX

PAR LA CHALEUR

Au point de vue de l'alimentation publique

Président : M. BROUARDEL, professeur.

*Juges : MM. { CORNIL, professeur.
 { BALLLET, CHANTEMESSE, agrégés.*

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

PARIS

HENRI JOUVE

IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

15, rue Racine, 15

—
1892

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. BROUARDEL
Professeurs	MM.
Anatomie.	FARABEUF
Physiologie	CH. RICHET.
Physique médicale.	GARIEL.
Chimie organique et chimie minérale.	GAUTIER.
Histoire naturelle médicale	BAILLON.
Pathologie et thérapeutique générales.	BOUCHARD.
Pathologie médicale	DIEULAFOY
Pathologie chirurgicale	DEBOVE
Anatomie pathologique	LANNELONGUE.
Histologie	CORNIL.
Opérations et appareils.	MATHIAS DUVAL.
Pharmacologie.	TILLAX.
Thérapeutique et matière médicale.	N.
Hygiène.	HAYEM.
Médecine légale	PROUST.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	BROUARDEL.
Pathologie comparée et expérimentale.	LABOULEÈNE.
	STRAUS.
	G. SÉE.
Clinique médicale	POTAIN.
	JACCOUD.
	PETER.
	GRANCHER.
Maladie des enfants	
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale.	BALL.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	FOURNIER.
Clinique des maladies du système nerveux	CHARCOT.
	VERNEUIL.
Clinique chirurgicale	LE FORT.
	DUPLAY.
	LE DENTU.
Clinique des maladies des voies urinaires	GUYON.
Clinique ophthalmologique	PANAS.
Cliniques d'accouchements	TARNIER.
	PINARD.

Professeurs honoraires.

MM. SAPPEY, HARDY, PAJOT et REGNAULD.

Agrégés en exercice

MM. BALLET	MM. FAUCONNIER	MM. NÉLATON	MM. RIBEMONT
BAR	GILBERT	NETTER	DESSAIGNES
BLANCHARD	GLAY	POIRIER, chef	RICARD
BRISAUD	HANOT	des travaux	ROBIN (Albert)
BRUN	HUTINEL	anatomiques	SCHWARTZ
CAMPENON	JALAGUER	POUCHET	SEGOND
CHANTEMESSE	KIRMISSON	QUENU	TUFFIER
CHAUFFARD	LETULLE	QUINQUAUD	VILLEJEAN
DEJERINE	MARIE	REITTERER	WEISS
	MAYGRIER	REYNIER	

Secrétaire de la Faculté : M. Ch. PUPIN.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE

A MA MÈRE

A MON MAITRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR BROUARDEL

Doyen de la Faculté de médecine
Membre de l'Académie de médecine
Commandeur de la Légion d'honneur

A MES MAITRES DANS LES HOPITAUX

LA STÉRILISATION DES EAUX

PAR LA CHALEUR

Au point de vue de l'alimentation publique

INTRODUCTION

Parmi les mesures que commande l'hygiène publique on a de tous temps considéré l'alimentation en eau potable comme l'une de celles qu'il appartient de réaliser avec le plus d'attention, dans l'intérêt bien entendu, des agglomérations habitées.

Cette question prend une importance chaque jour plus grande au fur et à mesure que les progrès de la microbiologie, de l'analyse chimique et de l'industrie, lui apportent des éléments nouveaux de recherches et de réalisations, si bien que les pouvoirs publics sont sans cesse sollicités par des procédés de plus en plus perfectionnés, répondant aux solutions que la science exige toujours plus précises.

De toutes les solutions qui ont été proposées ces dernières années, et qui s'inspirent le mieux des progrès scientifiques et industriels, il faut mettre au premier rang

la stérilisation de l'eau d'alimentation, soit par les filtres, soit par la chaleur.

Cette stérilisation peut être faite directement par les particuliers auxquels on peut la recommander ou l'imposer; il serait préférable de la confier à des services publics, par exemple, aux services sanitaires des municipalités, et c'est assurément un des plus grands bienfaits qu'une municipalité justement soucieuse des intérêts de la santé publique puisse procurer à ses concitoyens.

Jusqu'à ces derniers temps, le problème de la stérilisation des eaux par la chaleur avait été considéré dans de telles conditions comme à peu près impossible à résoudre. Mais sur la demande de l'éminent président du Comité consultatif d'hygiène publique de France, doyen de la Faculté de médecine de Paris, M. le professeur Brouardel, plusieurs industriels se sont mis à l'œuvre et finalement on est parvenu à fabriquer les appareils pratiques dont le fonctionnement doit donner d'excellents résultats.

Il nous a paru intéressant de profiter aussitôt de cette question d'actualité pour en présenter l'exposé, heureux si nous pouvons ainsi apporter quelque concours utile à l'œuvre de la Défense sanitaire de notre pays, œuvre si précieuse à tous les titres.

Pour cette étude nous avons exposé successivement :

1^o Rôle de l'eau dans la propagation des germes infectieux.

2^o Nécessité de fournir à l'alimentation publique des eaux exemptes de tous germes infectieux.

3^o Moyens pratiques.

a. — Captation et amenée d'eau de sources à l'abri de toutes souillures.

b. — Assainissement des eaux de rivières et des eaux suspectes.

Défauts de ces procédés au point de vue de la stérilisation absolue.

Celle-ci est-elle possible ?

c. — Stérilisation par la chaleur.

Eau bouillie.

Ses qualités, ses inconvénients, sa digestibilité.

4° Appareils. Applications faites. Résultats.

5° Application de la stérilisation de l'eau par la chaleur.

Alimentation publique.

Stérilisation faite par les municipalités.

Alimentation privée.

6° Conclusions.

Avant d'entrer en matière, nous sommes heureux de profiter de l'occasion qui nous est offerte de remplir ici une dette de reconnaissance vis-à-vis des maîtres qui nous ont guidé dans le cours de nos études.

Nous devons rendre hommage à la mémoire de notre cher maître, M. le professeur Trélat, dont la mort prématurée a laissé des regrets si amers dans le cœur de ceux qui, comme nous, ont pu apprécier les bienfaits de son enseignement.

MM. les professeurs agrégés Landouzy et Berger dont nous avons été l'externe, ont dirigé avec beaucoup de bienveillance nos premiers pas dans l'étude de la clini-

que médicale et chirurgicale. Nous les prions d'agréer ici notre reconnaissance la plus vive.

Nous devons un remerciement tout particulier à M. le Dr A. J. Martin, qui nous a inspiré ce travail. S'il a quelque valeur c'est à lui qu'il faut en rapporter le mérite. Nous ne saurions trop lui être reconnaissant de la bienveillance qu'il a montrée à notre égard, en nous communiquant tous les documents qui pouvaient nous être utiles.

Notre excellent maître M. le professeur Brouardel, qui nous avait déjà prouvé toute sa bienveillance en nous acceptant comme externe et en dirigeant nos études, a bien voulu nous faire l'honneur de présider cette thèse, qu'il reçoive ici le témoignage de toute notre gratitude.

CHAPITRE PREMIER

ROLE DE L'EAU DANS LA PROPAGATION DES GERMES INFECTIEUX.

Toutes les recherches bactériologiques de ces dernières années ont montré dans l'eau la présence d'un nombre très considérable de microbes divers, s'y rencontrant par suite de circonstances extérieures, sans toutefois y déceler un microbe spécial à l'eau qui s'y reproduise exclusivement, sans jamais avoir été rencontrée ailleurs. La richesse en microbes d'une eau quelconque dépend donc des souillures qu'elle reçoit et par conséquent la toxicité de ces microbes dépend de leur provenance.

L'eau d'égout, qu'on peut considérer comme le type des eaux polluées, contient jusqu'à 80.000.000 de microbes par litre et l'eau de Seine à Bercy, 4.800.000 (Miquel).

Il ne faudrait pourtant pas conclure de sa richesse en microbes, qu'une eau est dangereuse pour la consommation, il peut, sur le nombre, ne pas s'en trouver un seul qui soit pathogène, tandis qu'une eau parfaitement limpide ne renfermant qu'une quantité minime de microbes peut être des plus dangereuses, si ces microbes sont ceux, par exemple, du choléra ou de la fièvre typhoïde. Ces microbes se trouvent dans les eaux souillées au voisinage

des habitations. C'est l'usage de pareilles eaux qui engendre ces maladies épidémiques. On devra donc pour faire l'analyse d'une eau suspecte prendre l'échantillon à examiner au lieu même où l'ont puisée ceux qui ont été contaminés, et conclure à sa suppression si elle renferme des germes infectieux.

De tous les éléments pathogènes trouvés dans l'eau les plus fréquents sont ceux de la fièvre typhoïde, du choléra, et Pasteur a trouvé dans l'eau de Seine le vibron de la septicémie expérimentale aiguë.

En dehors des bactéries septiques nous pouvons citer (Cornil):

- 1° Le bacille violet ;
- 2° Le bacille rouge ;
- 3° Le bacille vert ;
- 4° Le vibrio brunea umbilicata ;
- 5° Le bacille vert de l'eau ;
- 6° Le bacille fluorescent ;
- 7° Le bacille blanc ;
- 8° Le bacille aquatilis viridis ;
- 9° Le bacille blanc saprogène.

Mais la présence de toutes ces variétés n'est pas constante dans toutes les eaux, et surtout à tous les âges d'un même échantillon d'eau. Ainsi il résulte des expériences de MM. Chantemesse et Widal, que le bacille typhique persiste moins longtemps dans l'eau de l'Ourcq non stérilisée que dans la même eau stérilisée. Mais nous reviendrons sur ces détails à propos de l'auto-infection des eaux. Qu'il nous suffise pour le moment d'examiner les

dangers que court une population agglomérée à consommer une eau impure.

Dans son remarquable discours sur la dépopulation de la France, prononcé à l'Académie de médecine en 1891, M. le professeur Brouardel s'est exprimé en ces termes : « Chaque année, plus de trente mille Français succombent de maladies évitables, et sur tous ces morts, on peut en attribuer vingt-cinq mille à la fièvre typhoïde. »

Si la misère, l'encombrement, les logements insalubres prédisposent largement à l'infection, ils ne suffisent pas à déterminer l'éclosion de la maladie.

L'un des principaux, sinon le principal agent de transmission du germe morbide, c'est l'eau et surtout l'eau de boisson. Tous les jours des preuves nouvelles viennent affirmer ce fait, et ils sont nombreux les exemples d'épidémies localisées, circonscrites, n'atteignant qu'un groupe de maisons desservies par un même puits contaminé.

Dans la plupart des cas, la preuve expérimentale de l'infection par l'eau impure se fait d'elle-même. Une source est-elle soupçonnée d'avoir apporté le germe de la maladie dans un centre. Si cette source est sévèrement condamnée et que les habitants reçoivent en échange une eau pure et saine, l'épidémie disparaît dans le délai de la période d'incubation de la fièvre typhoïde. Nous rappellerons à ce sujet, les rapports de MM. Brouardel et Chantemesse à propos des épidémies de Pierrefonds, Lorient, et de Clermont-Ferrand ; de M. Pouchet à Joigny, le rapport de M. Thoinot sur la répartition de la fièvre typhoïde en France, etc., etc.

Pour les grandes villes, les statistiques de l'état civil vont nous fournir de précieux renseignements.

A Vienne, par exemple, à l'époque où la population recevait comme eau de boisson l'eau de la Schwarza, la moyenne des décès par la fièvre typhoïde était de 200 par an, dans ces dernières années la distribution des eaux de source a été presque partout établie à l'aide des eaux du Semmerig, la mortalité est tombée à 10 décès. Et les Hygiénistes Viennois qui communiquent ces statistiques affirment que ce chiffre pourrait encore baisser beaucoup, si l'hiver les gelées ne diminuaient pas considérablement le rendement des sources, ce qui force l'administration à fournir de l'eau du canal.

Suivons une à une les preuves que M. le professeur Brouardel a accumulées dans le discours que nous citons tout à l'heure, et passons en revue à sa suite toutes les villes qu'il a examinées au point de vue qui nous intéresse.

A Angoulême (37, 367 habitants) jusqu'en 1889, l'eau fournie à la consommation est tirée de la Charente et de la Touvre.

L'eau de la Charente est infestée par les eaux d'égoûts et les latrines qui s'y déversent.

La Touvre reçoit des eaux industrielles et toutes les déjections de Ruelle, petite ville de 3.000 habitants, située en aval.

Pendant l'épidémie de 1887, on put remarquer que les cas étaient à peu près répartis également sur les divers points de la ville, sauf cependant au Lycée, au Sacré-Cœur, et à la vieille caserne Saint-Roch, où on ne buvait

pas l'eau de la ville. A cette époque le chiffre de la mortalité par infection typhique était de 181 pour 100.000 habitants.

En 1889, la Touvre fut captée à sa source et amenée pure en ville. Dès ce jour la mortalité a diminué de 60 pour 100, et si on compte encore quelques cas d'infection, il faut les attribuer à l'imprudence de quelques habitants qui continuent à boire de l'eau suspecte.

A Amiens, jusqu'en 1880, la mortalité pour la troupe était de 68 pour 10.000. A cette époque on puisait l'eau de l'alimentation à la source Marie Caron, véritable collecteur qui recevait sur son parcours les eaux ménagères et les vidanges. Depuis que cette source a été complètement interdite et remplacée par deux puits artésiens et par la source de Pont de Metz, on ne compte plus que 3 décès par fièvre typhoïde pour 10.000 habitants.

A Rennes les faits sont aussi probants. C'est une des premières villes de France qui ait été pourvue d'un système d'égouts. Mais ces égouts trop étroits pour permettre le curettage donnaient lieu avant leur réfection (1885) à des émanations putrides.

Des puits particuliers, et en ville le puits des Guines, jusqu'en 1883 suffisaient à l'alimentation, ils étaient exposés à toutes les infiltrations, les égouts n'étant pas étanchés, et peu de maisons à Rennes possédant des fosses d'aisance. Aussi jusqu'à cette date la fièvre typhoïde règne à l'état endémique et fait des ravages considérables (43, 4 décès pour 10,000). En 1883, la municipalité fait capter à grands frais la minette et la Louisance, à 40 kilomètres de distance; une compagnie se charge de la

distribution à l'abonnement, et ouvre cinq bonnes fontaines en ville. Malgré la fermeture de bien des puits privés par l'autorité municipale, toutes les maisons ne sont pas encore complètement desservies par la compagnie des eaux, et toute la partie située au dehors de l'octroi reste encore à pourvoir, c'est d'ailleurs cette zone qui fournit aujourd'hui les derniers cas de fièvre typhoïde. Les casernes entièrement alimentées par les eaux de source ne comptent plus que de rares malades.

Ces faits sont de véritables expériences; dans tous ces cas, dès l'apparition de l'épidémie, il est facile de trouver la prise d'eau qui a disséminé le microbe, et partout dès que cette source est condamnée et remplacée par une eau saine la létalité tombe immédiatement.

Et dans toutes les statistiques de l'état civil nous trouvons les mêmes chiffres éloquentes.

Dans l'armée les effets sont encore mieux rapportés aux causes, et les résultats répondent plus exactement aux mesures prophylactiques.

Toulon est de tous les ports maritimes celui où la fièvre typhoïde fait le plus de victimes, parce que les habitants s'alimentent à des puits particuliers facilement contaminés, et que sur deux sources que la ville possède, une des deux, la source Saint-Antoine, contient entre autres germes infectieux, le *bacterium coli commune*.

La Faux seule bien captée serait assez pure pour être livrée à la consommation, malheureusement pour la facilité de la distribution, les deux sources sont mêlées dans le même bassin, ce qui rend tout le système défectueux.

Dans ces dernières années la mortalité par la fièvre

typhoïde dans les troupes de la marine en garnison à Lorient a été de 70 pour 10000 sur les hommes de l'effectif.

Ici Belle source serait pure à son origine, mais les canalisations sont anciennes, insuffisantes, et comme l'engrais exclusivement employé dans toute la région est fourni par la vidange directe dans les champs des tinettes de la Ville, l'eau qui arrive dans les réservoirs, chargée de toutes ces infiltrations, contient tous les germes possibles.

Il est d'ailleurs à remarquer, comme l'ont fait observer MM. Brouardel et Chantemesse, que les apparitions de fièvre typhoïde à Lorient coïncident avec l'épandage des vidanges dans les champs qui recouvrent les points de captation des sources Penvern et Colombier.

Toutes les sources dont M. Gabriel Pouchet a fait l'analyse bactériologique sont souillées par des infiltrations d'eaux superficielles. L'eau de Belle source reçoit entre son point de captage et son point de distribution les infiltrations de purins et d'eaux résiduaires de lavoir.

Les deux autres contiennent des microcoques rouges des matières fécales.

Les analyses des eaux de Rochefort conduisent aux mêmes conclusions. Les cultures dégagent une odeur fétide et les plaques se liquifient dès le troisième jour.

Dans un chapitre ultérieur nous donnerons de nombreux détails sur l'alimentation de Brest où la mortalité s'élève jusqu'à 98,5 pour 10.000, seulement pour la fièvre typhoïde, et ceci pour la même cause que nous avons déjà signalée à Toulon, le mélange d'une bonne source, le Stivellon, avec une mauvaise l'Harteloir. A Pontanezen qui jusqu'à ces dernières années a servi de grand camp

pour les troupes de l'infanterie de marine, tous les puits de la caserne ont été reconnus pollués, et cette eau qui contenait en grandes colonies le bacille typhique, distribuée dans ce milieu où les troupes étaient entassées en grand nombre, y créait des épidémies terribles. On comptait chaque année en moyenne 940 malades sur 10.000 hommes.

C'était donc une grosse partie de l'effectif immobilisée par la fièvre typhoïde et ceux qui avaient eu la chance d'éviter l'infection à Pontanezen, se trouvaient tout préparés après l'entérite latente que leur donnait une telle eau, pour aller contracter la fièvre jaune aux colonies.

Cet état de choses est d'ailleurs bien modifié depuis deux ans ; la caserne de Pontanezen ayant été complètement désaffectée.

Si nous avons insisté aussi longuement sur les exemples de transmission de la fièvre typhoïde par l'eau, c'est que nous tenions à bien prouver que de tous les germes nuisibles qu'elle véhicule, le bacille typhique est celui qui se glisse le plus facilement dans son cours pour retourner à l'homme d'où il vient. Mais il ne faudrait pas croire que s'il est le plus fréquemment rencontré dans l'eau de boisson de nos climats il soit le seul qui puisse s'y cacher.

La dernière épidémie de choléra a montré que si les déjections des cholériques renfermaient le bacille prêt à évoluer de nouveau, l'eau pouvait lui servir de chemin de passage. L'eau est d'ailleurs si nécessaire à son existence que la sécheresse seule le tue.

Koch l'a vu résister vingt-quatre heures dans le con-

tenu d'une fosse d'aisance, sept jours dans l'eau d'égout et trente jours dans l'eau de puits. Nicati et Reitsch lui accordent quatre-vingts jours dans l'eau du port de Marseille.

Laveran attribue à la toxicité d'un hématozoaire véhiculé par les eaux de boisson, la propagation de la Fièvre Malariale. Le cas d'épidémie de Malaria à bord d'un navire où on avait embarqué de l'eau palustre pour la boisson est classique.

Et plus encore que la Malaria, la Diarrhée et la Dyssentérie sont propagées par les eaux de boisson, que l'agent de transmission soit un microbe pathogène, ou que la maladie soit due seulement à l'irritation produite sur les voies digestibles par l'ingestion de détritux organiques ou de matières putrides quelconques. Nous ne citerons comme exemple que l'épidémie de dyssentérie de Saint-Germain-en-Laye où les hommes de troupe étaient alimentés avec l'eau du Pecq reconnue souillée de matières organiques.

Il est une affection qui en Egypte cause autant de morts qu'ici la fièvre typhoïde, c'est l'Hématurie.

L'hématurie est causée par la pénétration de la Bilharzie dans le sang de l'homme, l'affection prend de l'extension tous les jours, à ce point que l'on trouve à l'autopsie plus d'un tiers des sujets atteints de ce mal.

On a trouvé la Bilharziose chez toutes les personnes ayant bu de l'eau impure. On a signalé sa présence sur les bords du lac Nyassa, dans le bassin du Zambèze. En 1887, Hatchien étudie treize cas, à Bombay, et déclare l'affection fréquente chez les Musulmans qui ont été à

La Mecque. Elle a été trouvée chez les animaux en Sicile. Ne doit-on pas craindre qu'avec les rapports de plus en plus fréquents avec l'Afrique, l'Europe ne soit pas un jour envahie par ce fléau ?

On ignore encore sous quelle forme la Bilharzie existe dans l'eau, mais sa présence n'est pas douteuse, tous les faits de contagion remontent et s'arrêtent à l'absorption d'eau impure. On a cru qu'il suffisait de prendre un bain pour contracter la maladie capable de se frayer une voie par tous les orifices autres que la bouche. Mais il est aujourd'hui prouvé que l'ingestion est indispensable pour engendrer la Bilharziose. La prophylaxie est le seul vrai remède connu à cette maladie terrible, et en tant que prophylaxie les Médecins Egyptiens comprennent le filtrage des eaux. Nous verrons plus loin quelle confiance on doit prêter à cette mesure quand nous parlerons des filtres.

CHAPITRE II

NÉCESSITÉ DE FOURNIR À L'ALIMENTATION PUBLIQUE DES EAUX EXEMPTES DES GERMES INFECTIEUX.

Nous venons de voir par ce qui précède que toutes les affections apportées à l'homme par les eaux impures livrées à sa consommation, sont dangereuses, et peuvent être mortelles. Il est donc absolument indispensable de concentrer tous nos efforts à éviter l'infection, du moins de ce côté, car si nous ne pouvons pas empêcher le vent d'enlever des éléments pathogènes en passant sur des déjections de cholériques, et de les transporter au loin, du moins nous pouvons éviter d'absorber l'eau que nous savons contenir une grande quantité de germes infectieux. La première mesure prophylactique à prendre lorsque des cas de contagion par l'eau sont signalés, c'est de supprimer la source suspecte et de la remplacer par une eau pure. Ou mieux encore, c'est, avant toute épidémie, de s'assurer que l'eau livrée à la consommation est absolument saine.

De cette façon non seulement nous verrons diminuer considérablement en peu de temps les cas de fièvres pernicieuses, mais nous pouvons espérer que dans un avenir assez rapproché, lorsque les masses auront été éclairées sur les dangers qu'elles courent à boire une eau

impure, l'administration veillera à l'alimentation d'une façon très stricte, et peut-être alors faute de la principale voie de transmission, verrons-nous tomber tellement le nombre des cas de fièvre typhoïde, que nous ne garderons que le souvenir de cette terrible maladie qui a fait des hécatombes dans l'armée et dans la population civile. Cet espoir peut paraître bien chimérique à l'heure actuelle où Paris consomme tous les jours des quantités considérables d'eau de Seine et d'eau de l'Ourq. Mais il est facile de comparer les chiffres de la mortalité par la variole en Allemagne, avant et après la promulgation de la loi sur la revaccination obligatoire, et on sera convaincu des résultats que peut donner une mesure prophylactique, énergique quand elle est appliquée d'une façon rigoureuse.

Voici donc un fait admis. Toute eau, capable par sa situation d'être souillée par des déjections ou des immondices quelconques, doit être rejetée d'une façon absolue pour la boisson, et même pour les soins domestiques. Quels sont donc les moyens de procurer en quantité suffisante, dans une ville, une eau absolument exempte de germes infectieux, et présentant les qualités de saveur et de fraîcheur désirables ? C'est l'étude comparative de ces divers moyens qui va fournir le texte des chapitres qui vont suivre.

CHAPITRE III

MOYENS PRATIQUES. CAPTATION ET AMENÉE D'EAU DE SOURCES A L'ABRI DE TOUTE SOUILLURE.

Les travaux de Pasteur et Joubert ont démontré que d'une façon générale on peut considérer les eaux de source, au point où elles émergent, comme pures de bactéries. Cette pureté provient de la filtration qu'elles ont subie à travers les couches du sol qu'elles traversent, filtration d'autant plus parfaite que le sol est plus compact et la profondeur d'émergence plus considérable.

Il est donc nécessaire quand on veut alimenter une ville importante d'eau suffisamment pure pour que sa consommation ne fasse courir aucun danger aux habitants, d'aller chercher cette eau à la source même, et de l'amener par une canalisation parfaite jusqu'à l'endroit où elle doit être employée.

C'est là le desideratum de toutes les grandes agglomérations, et les villes en particulier ne sauraient trop se préoccuper de la réaliser. Elles en comprennent de plus en plus la nécessité et chacune se préoccupe suivant sa situation particulière de la solution qui lui est le plus avantageuse.

La source choisie, analysée, reconnue pure, et d'un débit suffisant, il faut la capter.

Le captage est l'opération qui consiste à assurer le rendement régulier de la source et en même temps lui assure

une première épuration, par précipitation, des particules solides qu'elle entraîne en sortant du sol. La dimension du bassin de captage est proportionnée au rendement de la source, et autant que possible ce bassin est garanti par une voûte qui le recouvre entièrement et sur laquelle on sème du gazon, des arbustes pour entretenir une température aussi basse que possible dans le bassin.

C'est de ce premier réservoir *supérieur*, que part la conduite qui devra amener l'eau jusqu'au réservoir intermédiaire. Comme il est rare qu'une seule source suffise à l'alimentation d'une ville, on cherche à en capter plusieurs dans la même zone et on réunit chaque cuvette de captage par une conduite particulière à une conduite générale ou de collectionnement. Il arrive que lorsqu'une source se trouve sur le trajet de la conduite principale on l'ouvre directement dans celle-ci.

Nous avons vu, notamment à Toulon et à Brest, quels inconvénients peut présenter cette manière de faire. Il est préférable de laisser toutes les canalisations bien distinctes jusqu'au bassin intermédiaire, de façon à ce que, si une altération quelconque était signalée dans l'eau de distribution, il fût facile de détourner immédiatement la source suspecte. Il est bien entendu que pour que cette eau pure à sa source, conserve cette qualité jusqu'à sa distribution, il est nécessaire qu'elle soit canalisée dans des conduites absolument imperméables. En outre, il est indispensable d'écarter de sa source et de tout le trajet de canalisation tous les dépôts d'immondices, toutes les industries dont les déchets avec les eaux de pluies pourraient produire des infiltrations préjudiciables à sa qua-

lité. En France, les villes sont nombreuses qui se servent de ce système d'alimentation. Rouen, Guéret, Morlaix, Limoges, Villefranche, Amiens, Dijon, ont des eaux de source. Le Havre a les sources de Saint-Adresse et de Saint-Laurent, dont la captation a été reconnue excellente par M. le Dr A. J. Martin qui l'a spécialement examinée, Bordeaux a les sources du Budos, Clermont-Ferrand, celles de Fontana, de Royat et de Combes.

Paris reçoit les sources d'Arcueil et de Belleville; depuis 1839, celles de la Dhuis, affluent du Surmelin, captée près de Pagny, dans la Marne, dont le réservoir reçoit encore les sources du Verdon, du Surmelin, et celles de S. Maur. La Vanne, de beaucoup la plus pure de toutes ces eaux, nous est amenée de Pontvanne (Aube), et bientôt la captation de l'Arse, de la Vigne (Eure-et-Loir), de la Voulzie et du Durteint (Seine-et-Marne) augmenteront l'approvisionnement de 240.000 mètres cubes par jour.

Il est bon de dire ici que dans ces sources prises dans les réservoirs de distribution, M. le Dr Miquel n'a jamais trouvé le bacille d'Eberth, mais qu'au contraire ce bacille est très fréquent dans les eaux d'égoûts et les eaux de la Seine, et le savant bactériologiste en donne une raison frappante. Il est journalier qu'on lave à grande eau les intestins des typhiques qui ont succombé à l'hôpital, pour bien mettre à jour les plaques de Peyer ulcérées. Cette eau de lavage où va-t-elle? A la Seine par les eaux d'égoût. C'est de l'infection directe pour tous ceux qui sont exposés à boire de l'eau puisée en Seine en aval de ces égoûts!

Une source jugée pure est captée, à l'abri des souillures,

et bien canalisée jusqu'à la ville où elle doit être livrée à la consommation. Cette source présente-t-elle toutes les garanties possibles au point de vue de l'hygiène? Malheureusement non et l'expérience montre tous les jours qu'une source qui jusque-là avait présenté toutes les garanties, peut devenir mauvaise du jour au lendemain.

Il peut arriver que des crevasses, des galeries de taupes frayent un passage aux eaux de pluies ou même aux eaux d'industrie jusqu'aux conduites de canalisation qui peuvent à leur tour présenter quelque fissure et se laisser pénétrer. Si dans le voisinage de ces fissures se trouve une maison où éclate un cas de choléra ou de fièvre typhoïde, voilà toute la ville exposée à la contagion par cette source à laquelle elle a accordé toute sa confiance à cause de sa pureté d'origine. Et ces faits ne sont pas de simples suppositions, ils ne sont que trop démontrés par l'expérience (Clermont-Ferrand, Gênes). Là n'est pas le seul danger; une eau absolument exempte de germes infectieux à sa source, présente, seulement au bout de quelques heures, si on l'abandonne à elle-même dans les réservoirs, ou même dans les vases où elle a été recueillie pour la consommation, un nombre considérable de bactéries. Cette eau se contamine seule, sans aucune cause extérieure appréciable et cette contamination dure quelques jours avant que sa pureté première lui soit rendue.

Quelle preuve le consommateur peut-il avoir dès lors de la bonne qualité de son eau. Comment saura-t-il à quel moment commence et cesse cette auto-infection? Il devra donc par prudence faire subir une épuration minutieuse à l'eau qu'il reçoit, quelle qu'elle soit.

CHAPITRE IV

ASSAINISSEMENT DES EAUX DE RIVIÈRES ET DES EAUX SUSPECTES.

Les moyens propres à rendre potables les eaux de boisson varient avec la nature des inconvénients qu'elles peuvent présenter.

Une bonne eau doit être fraîche, de saveur agréable, limpide et stérile, c'est-à-dire ne pas contenir de micro-organismes nuisibles et être incapable d'en engendrer.

Certaines sources émergent trop froides, pour être consommées sans danger, si on ne prend la précaution d'exposer quelque temps à l'air l'eau destinée à la boisson pour la réchauffer. L'inverse est plus difficile à obtenir, et c'est ce que l'on cherche le plus souvent dans les pays chauds, et même dans nos climats pendant l'été.

Les vases poreux, les alcarazas, remplis d'eau et exposés à l'air, rafraîchissent leur contenu par l'évaporation des gouttelettes qui transsudent à la surface du vase. Mais dès que les matières minérales ont obstrué les pores du vase, il ne rafraîchit plus et doit être changé. On peut encore obtenir la même fraîcheur en enrobant un vase quelconque avec une étoffe mouillée, le résultat est le même quoique un peu plus lent. Le plus fréquemment on

rafraîchit directement la boisson avec de la glace, et il y a là un danger que nous devons signaler. Car, à quoi sert de boire un vin pur, ou mêlé d'eau minérale, si pour le rafraîchir, on y mêle un fragment de glace plein de colonies microbiennes ? Ce fait est surtout possible lorsqu'on livre à la consommation de la glace naturelle, c'est-à-dire recueillie à la surface d'une rivière, d'un lac, ou même de la mer que la cristallisation dessale.

Il est aujourd'hui démontré que cette eau emprisonne les bactéries qu'elle contenait, ce qui devient grave si parmi ces bactéries quelques-unes étaient pathogènes. Il est des bactéries qui ne résistent pas à la gelée, et surtout à des gelées successives, mais celles-là sont pour la plupart inoffensives, et ce sont précisément les microbes pathogènes qui y vivent le plus longtemps. Ainsi Fraënkell a reconnu que la glace d'une eau contenant des bactéries charbonneuses était encore capable de fournir desensemencements. Il est indispensable d'éviter l'usage de glace provenant de la congélation d'une eau suspecte, et en principe on peut déclarer telle toute glace naturelle recueillie à la surface d'une eau courante et conservée dans les glaciers ou fabriquée industriellement avec cette eau.

Il est donc à souhaiter au point de vue qui nous occupe que l'eau utilisée par les fabricants de glace soit stérilisée ou tout au moins distillée.

La correction du goût de l'eau impure est pratiquée chez nous avec l'alcool, le vin, le thé, le sucre ; en Egypte, avec le laurier-rose ; dans l'Inde, on frotte les bords du vase avec la graine du *strychnos potatorum* ; tous ces

condiments masquent la saveur de l'eau, mais ne corrigent en rien son impureté. Pour purifier l'eau, jusqu'à ce jour, on a employé la filtration.

La filtration comprend trois phases : la *décantation*, la *filtration centrale* et la *filtration à domicile*.

Décantation.

La décantation a seulement pour but de séparer les molécules solides en suspension dans l'eau par le repos, ou même pendant le cheminement. C'est une mesure prémonitoire, employée surtout pour l'eau des fleuves, et qui a pour but de faciliter le travail des filtres.

Le temps de repos ne doit pas dépasser vingt-quatre à trente-six heures ; au delà de ce temps, les matières précipitées pourraient entrer en fermentation putride, et la qualité de l'eau serait altérée par ce fait. Ce moyen ne sert en somme qu'à clarifier un peu l'eau, mais ne la prive d'aucunes de ses particules nuisibles, pour cela il faut la filtrer.

Il s'agit ici d'imiter seulement le travail de la nature qui purifie l'eau par cheminement dans le sol, et de lui enlever tous les corps tenus en suspension ou les matières dissoutes qui sont d'origine putride.

Ce sont surtout les micro-organismes que l'on cherche à retenir à la surface des filtres, et dans l'impossibilité où nous sommes de faire une distinction au point de vue du filtrage entre les bactéries banales et les bactéries pathogènes, les filtres doivent retenir tous les micro-

organismes, quels qu'ils soient, et le meilleur filtre serait celui qui pourrait les retenir tous indistinctement.

Filtration centrale.

Cette filtration est indispensable dans les villes qui livrent à la consommation de l'eau fluviale.

La première méthode qui se présente à l'esprit consiste à utiliser les filtres naturels. Lorsque le lit d'une rivière est creusé dans un terrain perméable, il suffit d'établir sous une des rives une galerie de captage dans laquelle l'eau de la rivière ne pénètre qu'après avoir traversé une certaine épaisseur de terrain, filtrée par conséquent.

Cette méthode appliquée à Lyon, à Toulouse, etc., présente des inconvénients sérieux.

La pression sur le filtre varie beaucoup entre les basses eaux et les crues, et la vitesse de filtration varie de même. Il en résulte qu'on n'obtient pas la parfaite régularité de filtration qui serait désirable, et qu'en outre, pour avoir le volume nécessaire en basses eaux, il faut établir ces galeries de façon à ce qu'elles aient un débit trop grand pendant tout le reste de l'année.

Enfin pour le nettoyage du filtre, on en est réduit à tabler sur le travail des crues : affouillements, corrosion et remplacement du terrain enlevé par de nouveaux dépôts. La filtration étant continue, on ne peut compter en effet sur les actions oxydantes qui se produisent dans les terrains soumis à des alternatives de saturation et de sécheresse.

En résumé, cette méthode, pour donner des résultats tout à fait bons, exige un concours de circonstances indépendantes de l'action humaine.

On doit donc pour plus de précision dans les résultats avoir recours aux filtres artificiels.

L'eau est amenée par canalisation, ou par des machines élévatoires dans les bassins de décantation dont nous venons de parler, et passent ensuite dans de vastes bassins à sol étanche, à parois verticales, qui sont les filtres.

Les matières filtrantes sont disposées sur le sol les plus grossières en bas, et les autres par couches alternantes jusqu'aux plus ténues. Ces matières sont : des pierres, du gravier grossier, du gravier fin, du sable, le tout très soigneusement lavé. L'eau arrive à la surface, avec une vitesse très faible, car toute pression exagérée forcerait ce tamis et laisserait passer toutes les impuretés. L'épaisseur de 1 m. 50 est suffisante pour la couche filtrante.

Il est indispensable que le bassin soit voûté pour empêcher les poussières de l'atmosphère de se mêler à l'eau. Le rendement de ces filtres est de 4 à 6 mètres cubes par mètre carré et par vingt-quatre heures, suivant la pureté primitive de l'eau soumise au filtrage. C'est ce système qui est employé à Londres pour filtrer les eaux de la Tamise et à Berlin pour les eaux de la Sprée et du lac de Tegel. M. Vallin qui a visité ces filtres (Londres) en 1883, en parle en ces termes :

« La filtration est incomplète, l'eau est clarifiée, *non épurée*. Le sable ne retient que les corps en suspension, non les matières dissoutes. Il est même certain que beaucoup des matières suspendues passent à travers le filtre.

Quand le sable est souillé, on le lave environ une fois par mois, et il sert à une nouvelle filtration ! Aussi l'eau est toujours riche en matières organiques, et il n'est pas rare de trouver dans l'analyse de Fraukland, que les journaux de Londres publient tous les mois, la mention suivante :

« Contient des myriades d'infusoires et d'organismes vivants. »

D'ailleurs ces filtres qui occupent une surface de 40 hectares environ, sont naturellement découverts, et aucune mesure n'a encore été prise jusqu'ici pour en écarter les usines et les dépôts d'immondices.

A Berlin la filtration est faite dans de meilleures conditions ; l'eau de la Sprée est filtrée à la station de Straßlau, par huit filtres découverts et trois voûtés, celle du lac de Tegel est reçue dans vingt-et-un filtres sous voûtes. La substance filtrante a 1 m. 30 d'épaisseur, et comme pour les eaux de la Tamise, est formée de substances de plus en plus fines de la profondeur jusqu'à la surface, depuis le gros béton jusqu'au sable fin.

La pression peut être réglée suivant les besoins, et surtout de façon à ne pas dépasser un degré convenable.

Mais ici nous trouvons une modification ingénieuse du procédé anglais. C'est qu'au lieu de laisser passer l'eau d'emblée à travers les couches filtrantes, comme nous venons de le dire, nous assistons à une phase de préparation du filtre. On commence par faire pénétrer de l'eau pure dans le réservoir, c'est-à-dire en sens contraire de la direction normale. Cette eau monte jusqu'un peu au-dessus de la couche de sable fin, chasse tout l'air contenu

dans le filtre. A ce moment, on cesse l'arrivée de l'eau pure, et on remplit le filtre jusqu'au trop plein avec de l'eau brute. Les choses restent ainsi pendant vingt-quatre heures.

Les matières étrangères contenues dans l'eau se déposent à la surface du sable fin, et forment une pellicule solide qui constitue la première couche filtrante.

Avec le temps cette couche s'épaissit et il faut augmenter progressivement la vitesse, pour conserver le même rendement.

Il arrive cependant un moment où la couche atteint une épaisseur qui devient un véritable obstacle, et il faut la supprimer. Le filtre vidé, on enlève soigneusement la couche de dépôt avec une pelle plate, et on renouvelle la préparation du filtre que nous venons d'indiquer.

Cette épuration est-elle suffisante? Au point de vue des matières organiques, oui, ce filtre débarrasse bien l'eau des nitrates, des nitrites, et de l'hydrogène sulfuré.

Au point de vue bactériologique, Slagge et Soskauer estiment qu'une eau qui dans les canaux de distribution ne possède que cent cinquante germes par décimètre cube est très acceptable.

On nous permettra d'être plus exigeant, surtout lorsqu'on songe que ces cent cinquante germes pourraient être des germes infectieux!

Récemment M. Lafont, ingénieur en chef de la ville de Nantes, a imaginé et mis à exécution un filtre à sable, en plein fleuve.

Les résultats ont à peu près répondu à son attente.

Il s'agit d'un puits creusé au sein même du fleuve et

entouré de toute part par une couche de sable de 12 mètres. Il faut dire que la Loire est dans de merveilleuses et exceptionnelles conditions pour la construction de ces puits.

Le sable y est excessivement fin et siliceux, la vitesse même du courant du fleuve est un adjuvant puissant, il entraîne les dépôts qui viennent s'appliquer à la surface du filtre, et pourraient à la longue en arrêter le fonctionnement par colmatage. En outre, le filtre est mécaniquement nettoyé par les alternatives de crue et d'étiage du fleuve, qui permettent l'oxydation par l'air des parois du filtre.

M. Miquel a fait des analyses bactériologiques très intéressantes de l'eau de la Loire prise à l'île de Beaulieu avant et après la filtration.

1^{re} ANALYSE. — 3 MARS 1890.

Eau de la Loire.	Bactéries par centimètre cube
Echantillon 3.	9,060
Echantillon 4.	10,550
Moyenne.	9,805

Eau du puits d'essai.	Bactéries par centimètre cube
Echantillon 1.	55
Echantillon 2.	82
Moyenne.	68,5

L'eau du puits est ici 140 fois plus pure que l'eau de la Loire.

2^e ANALYSE. — 15 SEPTEMBRE 1890.

Eau de la Loire.	Bactéries par centimètre cube
Echantillon 2.	25,250
Echantillon 2 <i>bis</i>	22,750
Moyenne.	24,000

Eau du puits d'Essai	Bactéries par centimètre cube
Echantillon 1.	124
Echantillon 1 <i>bis</i>	140
Moyenne.	132.

Evidemment, comme le fait remarquer Miquel, la comparaison des échantillons d'eau de la Loire avec l'eau des filtres montre une épuration assez bonne, quoique 140 bactéries par centimètre cube soit encore un chiffre qui inspirerait bien des craintes à plus d'un hygiéniste. Si on se rappelle que M. Miquel a trouvé 4,800,000 bactéries par litre dans l'eau de Seine non filtrée à Bercy, on peut considérer comme bien imparfait un filtre qui livre à la consommation 1,400,000 bactéries par décimètre cube. Et ce n'est pas le seul reproche que nous ayons à lui faire, car si on compare les deux analyses faites à six mois de distance, on voit que le filtre perd de son pouvoir avec le temps. En effet la proportion ne s'est pas maintenue entre le nombre des bactéries de l'eau de Loire brute, et celui des bactéries de la même eau filtrée, dans les deux expériences. Le filtre a perdu de ses propriétés à l'usage.

En outre, en admettant que ce filtrage fût parfait,

quelle autre ville que Nantes présenterait les mêmes conditions pour l'installation d'un puits avec 12 mètres de parois de sable siliceux ? Il faut convenir que Nantes présenterait à ce point de vue une situation tout à fait exceptionnelle si la pratique répondait à la théorie, mais M. le professeur Pouchet, qui au laboratoire du Comité consultatif d'hygiène a eu l'occasion d'examiner à nouveau des échantillons de cette eau filtrée en plein fleuve, admet qu'elle est évidemment améliorée, mais qu'elle renferme encore en assez notable proportion les mêmes espèces bactériennes qu'avant la filtration. Et quelles bactéries dans un fleuve qui vient de recevoir les immondices de deux villes de garnison comme Angers et Ancenis.

Filtration à domicile.

La filtration à domicile est une mesure de défense prise par les particuliers contre les eaux impures pour la plupart, que les compagnies livrent à sa consommation. C'est le complément du premier filtrage qu'a subie l'eau des fleuves, et une garantie de plus pour l'eau de source toujours suspecte.

Un bon filtre doit donc retenir indistinctement toutes les bactéries, et l'eau qu'il fournit doit rester indéfiniment stérile.

Nous n'entreprendrons pas ici la description de tous les filtres imaginés par l'industrie. Nous ne parlerons que de ceux auxquels on accorde en général le plus de confiance, pour discuter leur réelle valeur, au point de vue de la stérilisation absolue.

Les substances filtrantes doivent épurer l'eau sans lui changer sa composition organique ou chimique. On devra donc rejeter d'emblée, l'éponge, la laine, le coton, les déchets d'étoffes, le papier, la cellulose, etc., pour n'admettre que le fer spongieux, le grès, le gravier, le sable et le charbon.

Le filtre au fer spongieux retient bien les matières organiques, mais au bout de quelque temps laisse passer une certaine quantité de micro-organismes, et il se complique nécessairement d'une couche de marbre porphyrisé ou de bioxyde de manganèse pour retenir la petite quantité de fer entraînée par l'eau. Ce filtre qui a eu une très grande vogue en Angleterre et en Allemagne est aujourd'hui à peu près abandonné.

Le charbon a une affinité considérable pour les gaz et fixe les sels métalliques, particulièrement ceux du plomb. Mais il contient des phosphates qui sont favorables à la vitalité des micro-organismes après la filtration.

Le plus récent des filtres, et celui qui approche le plus de la perfection, est le filtre en porcelaine poreuse. Il se compose essentiellement d'une bougie creuse en terre poreuse, ouverte seulement à une de ses extrémités.

Les variations de procédés consistent seulement à faire arriver l'eau à l'extérieur de la bougie, pour qu'elle filtre vers l'intérieur, ou à la faire arriver à l'intérieur pour qu'elle filtre dans le sens opposé. Il est indispensable que les joints soient parfaits et que la bougie ne présente aucune fissure permettant le passage direct de l'eau impure dans le récipient destiné à l'eau filtrée. Il faut aussi que l'eau sortant de la bougie filtrante ne traverse

pas l'air en tombant goutte à goutte dans le vase récepteur, elle risquerait ainsi de se charger de tous les micro-organismes de l'air ambiant. Ces filtres fonctionnent avec ou sans pression, c'est-à-dire que les bougies peuvent être accouplées en séries, et tremper dans le liquide à filtrer, un récepteur communiquant avec un autre vase y déverse l'eau filtrée. On peut reprocher à la porcelaine poreuse de ne pas agir sur les matières dissoutes et de ne pas retenir les sels toxiques, les ptomaines et les matières albuminoïdes. A ces inconvénients viennent s'en ajouter d'autres quand ces filtres fonctionnent sous pression. Outre que les ajusages de la terre poreuse avec le métal ou le verre ne présentent que très peu de garanties, la résistance n'est calculée que pour 2 1/2 à trois atmosphères au maximum.

Si pour une cause quelconque la pression vient à augmenter brusquement, la bougie se brise, ou il se produit des défauts de cohésion dans ses pores, et les mailles du filtre s'élargissant les immondices pourront arriver à les franchir.

Les expériences qui ont été faites sur ces filtres, notamment par M. le professeur agrégé Netter, comme expert rapporteur pour la classe 64 de l'Exposition universelle, n'ont porté que sur des filtres sans pression ou sur une action momentanée ou intermittente des filtres à pression de trois atmosphères au maximum, et presque tous laissent passer les microbes pathogènes. Mais il est permis de se demander si une pression de trois atmosphères, s'exerçant d'une façon continue et prolongée à la surface d'une de ces bougies, n'arriverait pas à en désagréger plus ou

moins les éléments, et alors les meilleurs de ces filtres, ceux qui résistèrent le mieux au cours des expériences de M. Netter, deviennent aussi défectueux que les autres.

L'inconvénient de tous les filtres, et les meilleurs le présentent comme les autres, c'est d'exiger une surveillance continue. Il faut contrôler constamment les résultats de la filtration. En outre, il faut les nettoyer très fréquemment ; les filtres de charbon, entre autres, ne tardent pas à cultiver les germes, à former un véritable bouillon de culture pour les microbes contenus dans les eaux qui les traversent.

Nous avons émis des doutes sur la durée de garantie que pouvait procurer le filtre à bougie poreuse. Des expériences très précises ont été faites à ce sujet par M. le Pharmacien-major Lacour, au Mans. Ces expériences sont consignées dans un rapport qui paraîtra dans la *Revue d'Hygiène* du 20 de ce mois. Voici le passage qui nous intéresse :

« 1° *Eaux filtrées au filtre Chamberland.* Nous avons fait de nombreux essais de culture avec de l'eau provenant de filtres Chamberland, spécialement fabriqués pour l'usage des ménages, et se composant de cinq bougies filtrant sans pression. Les résultats ont toujours été les mêmes : l'eau passait complètement stérilisée. Cependant dans quelques-unes de nos expériences, nous avons pris de l'eau d'appareils qui n'avaient pas été nettoyés depuis plusieurs mois.

2° *L'eau filtrée à une pression de trois atmosphères.* — Un grand nombre d'analyses ont été faites sur des eaux arrivant aux filtres avec une pression d'environ trois

atmosphères et toutes ont donné les mêmes résultats.

Chaque bougie, après avoir été essuyée, brossée et soigneusement stérilisée à une température de 170°, était placée dans son armature que l'on vissait alors sur un robinet ; puis on ensemait des tubes de gélatine ou d'agar-agar, suivant la saison, avec de l'eau de 1, 2, 3, 4 et 5 jours en vue de cultures sur plaque dans la chambre humide, dans des boîtes de Setri ou des flacons d'Erlenmeyer.

Les cultures ont fourni les résultats suivants :

Eau récoltée 24 heures après la stérilisation des filtres : Rien.

Eau du deuxième jour : Rien.

Eau du troisième jour : Quelques germes semblables à ceux que nous avons trouvés dans l'eau non filtrée.

Eau du quatrième jour : Colonies dont le nombre va en augmentant tout en restant inférieur à celui de l'eau non filtrée..

Eau du cinquième jour : Quantité considérable de germes dépassant 3, 4, 5 et 6 fois ce nombre de ceux contenus dans la même eau prise avant la filtration : certaines colonies trouvées dans les cultures faites dans l'eau filtrée n'existaient pas dans les cultures provenant de l'eau non filtrée.

3° *Eau filtrée à une pression de deux atmosphères.* — Nous avons répété les mêmes expériences en limitant la pression à deux atmosphères, ce qui nous a été facile en ouvrant imparfaitement les robinets et en mesurant la pression à l'aide d'un manomètre. Dans ce cas, comme dans les précédents, les résultats ont toujours été les

mêmes, l'eau filtrait parfaitement stérilisée jusqu'au quatrième jour. A partir du cinquième nous relevions quelques germes, mais en petite quantité; en poursuivant nos recherches jusqu'au dixième jour, nous constatons que le nombre des colonies allait toujours en augmentant, sans avoir cependant atteint celui de l'eau filtrée.

4° *Eau filtrée à une pression de une atmosphère.* — Desensemencements faits avec de l'eau recueillie, de un à dix jours après la stérilisation des bougies, ont donné des résultats constants.

Aussi bien au dixième qu'au premier jour, l'eau était complètement stérilisée et l'on ne relevait sur les cultures que trois ou quatre aspergilli provenant sans aucun doute de l'air ambiant.

Malgré ces résultats positifs, nous avons entrepris les expériences suivantes, qui n'ont eu pour but que la confirmation des faits déjà signalés.

Après avoir cultivé du bacillus subtilis et du bactérium termo, en partant du foin et des haricots, nous avons introduit dans l'armature métallique d'un filtre Chamberland une certaine quantité de bacillus subtilis, dans une autre du bactérium termo, puis après avoir vissé les filtres sur les robinets, nous avons complètement ouvert ces derniers, de manière à faire arriver l'eau avec une pression de trois atmosphères. Jusqu'au troisième jour le liquide était complètement stérilisé, au quatrième nous avons trouvé du bacillus subtilis ou du bactérium termo suivant le cas. Au cinquième jour, les germes étaient devenus si nombreux que toute numération était rendue impossible même en partant de un dixième de goutte.

Nous n'avons pas osé répéter ces expériences avec un bacille pathogène, celui d'Eberth par exemple, dans la crainte de souiller la conduite d'eau.

Mais ce qui s'est produit par le bacillus subtilis et le bactérium termo, se serait certainement produit avec n'importe quel microbe, puisque dans l'examen des eaux filtrées nous avons toujours retrouvé en plus ou moins grande quantité les germes signalés dans ces mêmes eaux avant leur filtration.

De toutes ces expériences on peut conclure que le filtre Chamberland qui dans les conditions normales débite de l'eau complètement dépourvue de microbes, peut, à un moment donné, produire des résultats tout à fait différents si l'on ne prend pas des dispositions en conséquence.

Ces précautions consistent simplement dans la limitation de la pression, ou dans le nettoyage et la stérilisation complète des bougies au moins tous les trois jours si pour une raison majeure on ne peut diminuer la pression.

Pour expliquer la contamination des filtres, on peut admettre que les germes accumulés à la surface des bougies passent à travers les pores sous l'influence des hautes pressions et des chocs souvent répétés dans les casernes, les hôpitaux, les collèges, etc., etc. Les conduites sur lesquelles sont fixés les filtres portent une série de robinets qui desservent les cuisines, les lavoirs, les abreuvoirs, etc., etc.

Or, chaque fois que l'on ouvre une ou plusieurs de ces prises d'eau, la pression diminue considérablement dans les filtres. Quelquefois même elle devient nulle suivant le nombre ou l'importance des robinets ouverts.

Vient-on, au contraire, à les fermer, l'eau se précipite avec violence, et vient frapper les surfaces des bougies comme d'un coup de bélier. Il ne nous semble pas téméraire de supposer que ces chocs souvent répétés peuvent aussi concourir dans une large mesure au passage des germes au travers des filtres.

Nous n'avons jamais trouvé le bacille d'Eberth dans les eaux de l'Huisne ni dans le résidu déposé à la surface des bougies. Mais nous devons faire ressortir que pendant tout le temps qu'ont duré nos expériences il ne s'est pas manifesté la plus petite épidémie de fièvre typhoïde dans la garnison du Mans. »

Nous pouvons donc conclure qu'il n'existe pas de filtre parfait, et encore moins de filtreurs parfaits. Car la filtration, quelle que soit l'excellence du procédé, exige une surveillance continue, qu'il est très difficile, sinon impossible, d'obtenir des propriétaires d'appareils.

CHAPITRE V

INSUFFISANCE DE CES PROCÉDÉS AU POINT DE VUE DE LA STÉRILISATION ABSOLUE. CELLE-CI EST-ELLE POSSIBLE ?

Nous venons, à propos de chacun des procédés employés actuellement pour procurer aux villes de l'eau de boisson aussi pure que possible, de faire ressortir les principaux inconvénients qu'il présente, ceux qui sautent aux yeux, et que peut soupçonner le premier consommateur en dehors de toute connaissance spéciale. Examinons maintenant quelle confiance le bactériologiste peut accorder à l'eau naturelle la plus pure. Voici quelles expériences M. le Dr Miquel a faites à ce sujet.

Un flacon d'eau de la Dhuis pris à l'aqueduc de Ménilmontant, et transporté directement en une demi-heure, au laboratoire de la caserne Lobau, donne les chiffres suivants.

	Température.	Bactéries par centim. cube.
A midi . . .	16°,6	57
A 1 h. 30 . .	19°,5	143
A 3 h. . . .	20°,9	456

En trois heures, les bactéries ont augmenté dans des proportions considérables, sans qu'aucune cause extérieure soit venue influencer cette progression.

Abandonnée à elle-même pendant 24 heures l'eau de la Vanne fournit les mêmes résultats. A son arrivée dans le réservoir de Montrouge, elle titre à 17,56 bactéries, le lendemain elle marque 21,2, et on y compte 32140 bactéries par centimètre cube.

Au bout de plusieurs jours, il est impossible de soupçonner à quelle eau on a affaire. La même eau de la Vanne au bout de trois jours contient autant de bactéries que l'eau de la Seine à Asnières et trois jours après elle vaut l'eau du grand collecteur à Clichy. Cette auto-infection n'est pas spéciale aux eaux des sources dont s'alimente Paris, de semblables expériences ont donné les mêmes résultats pour les sources de Saint-Laurent (Seine-Inférieure). Et il ne faut pas attribuer cette pullulation microbienne à une élévation de température de l'échantillon soumis à l'expérience. M. le Dr Miquel a répété toutes ces expériences en maintenant l'eau de source à son degré exact de température d'émergence, les résultats ont été les mêmes. Maintenu même au-dessous de ce degré elle n'a pas échappé à la règle. De l'eau de la Vanne comptant à sa prise 170 bactéries par centimètre cube à 11°,5, laissée pendant 3 jours entre 9° et 10°, titrait au bout de ce temps 8.570 bactéries par centimètre cube. Mais cette infection bactérienne est aussi passagère que rapide dans les eaux de sources émergeant du sol, tandis que dans les eaux de fleuves, impures au début, l'infection est plus lente, mais tenace et progressive.

Mais il y a là un fait sur lequel on n'a encore bâti que des hypothèses, et qui est des plus importants à retenir, c'est que ces bactéries qui en quelques heures se repro-

duisent d'une façon aussi fantastique, meurent presque aussi rapidement sans laisser de germes capables de les perpétuer et qui plus est, les mêmes espèces ensemencées dans cette eau n'y pullulent plus ou même y disparaissent rapidement.

L'eau a acquis une immunité vis-à-vis des espèces qui ont le plus proliféré en elle. Miquel attribue ce fait à la sécrétion par ces bactéries d'un poison diastasique qui s'oppose à la multiplication du bacille quand il n'est pas absolument microbicide. Ce fait expliquerait que certaines eaux sont incapables de favoriser la multiplication d'un micro-organisme, ou même s'opposent à son existence même momentanée, elles le tuent.

D'ailleurs il suffit de porter une telle eau à 100° pour lui faire perdre cette propriété. Que pensera-t-on après de telles expériences de la coutume, qu'à bien des villes ont encore, de faire séjourner leurs eaux de sources dans de vastes réservoirs avant de les livrer à la consommation ?

Mais ces eaux que le bactériologiste a pu reconnaître très pures à leur sortie du sol deviennent la pire des boissons au moment où elle arrive chez l'habitant si celui-ci ne la soumet pas à une épuration méthodique et absolue.

Voilà pour les eaux de sources. Nous savons quel crédit on peut accorder aux eaux des cours d'eau en général. Dès sa source, le cours d'eau est exposé à toutes sortes d'influences naturelles capables de le souiller. Les terrains divers qu'il traverse, les emprunts qu'il fait sur ses deux rives, modifient sa constitution première. Les pluies, et

surtout les pluies d'orage, qui passent rapidement sur le sol sans avoir le temps d'y filtrer, entraînent vers les fleuves toutes les particules dissoutes dans l'atmosphère, tous les immondices et les matières minérales et organiques qu'elles ont recueillies ou véhiculées.

La présence sur l'une ou l'autre rive d'une cité, d'une ville, qui souvent se sert du fleuve comme d'un canal naturel d'évacuation pour les immondices ou les déchets des industries, est la cause principale de pollution des eaux.

Toutes les eaux naturelles courent donc de sérieux dangers au point de vue de la conservation de leur pureté première, et il est malheureusement impossible d'écarter d'une façon absolue les causes de contamination. Empêcher de consommer les eaux que l'on a sous la main, ou de les employer pour la fabrication des boissons diverses serait un leurre, mais au moins doit-on prévenir les dangers que l'eau impure fait courir, et conseiller de ne boire surtout en temps d'épidémie que de l'eau parfaitement stérilisée.

Est-il donc possible de pratiquer la stérilisation absolue de l'eau, c'est-à-dire de la priver de tous les germes nuisibles qu'elle peut contenir, et cela sans lui faire perdre aucune de ces qualités comme eau potable ? Nous allons examiner cette question dans les chapitres suivants, et essayer de démontrer les avantages que l'hygiène tirerait de la résolution de ce problème.

CHAPITRE VI

STÉRILISATION DE L'EAU PAR LA CHALEUR.

Eau bouillie. Ses qualités. Ses inconvénients. Sa digestibilité.

L'eau élevée à la température de 100°, perd la plus grande partie de ses organismes microscopiques mais ne les perd pas tous, comme l'ont maintes fois relaté MM. Pasteur, Chamberland, Brefeld.

Cette eau abandonnée à l'air, exposée à la contamination par les impuretés atmosphériques, et au pullulement des germes qui ont résisté à la température de 100°, recupère en un temps relativement très court un nombre d'organismes équivalent au chiffre primitif.

Le Dr Miquel a montré ces faits par les expériences dont voici les résultats :

Eau de la Seine du bassin de Villejuif.

Température de l'eau	Bactéries par centimètre cube.
20°	464
45° pendant 15 minutes . . .	396
55° . . . id.	33
65° . . . id.	20,8
75° . . . id.	9,6
85° . . . id.	6,6
95° . . . id.	2,8
100° . . . id.	3,3

La même eau abandonnée à 24° après l'ébullition donne :

Après 24 heures	2,4
Après 48 heures	117

De cette première expérience il paraît ressortir que certains des micro-organismes, atteints dans leur vitalité par cette température de 100° prolongée 15 minutes ont succombé dans les 24 heures qui ont suivi l'opération et qu'alors de nouveaux germes atmosphériques tombant dans cette eau vierge y pullulent rapidement pour arriver au chiffre de 116 par centimètre cube.

Eau de la Seine puisée à Ivry.

Température de l'eau	Bactéries par centimètre cube.
22°	848
43° pendant 15 minutes . .	640
50° . . id.	132
60° . . id.	40
70° . . id.	27,2
80° . . id.	26,4
90° . . id.	14,4
100° . . id.	5,2

La même eau abandonnée à 27° donne :

Après 24 heures	2,6
Après 48 heures	10,72

La même diminution est à signaler ici pendant les 24

heures qui suivent l'expérience, et le jour suivant le chiffre qu'atteignent les nouveaux organismes répandus dans cette eau est considérable, mais doit-on l'attribuer au pullulement de ces germes restés après l'ébullition ? Ces 2,6 germes n'ont évidemment pas produit 10,72 rejets en 24 heures là où 2,4 n'en avaient produit que 116. Il faut donc attribuer à une cause extérieure ce chiffre si élevé.

Nous devons remarquer aussi que le nombre des bactéries ne diminue d'une façon appréciable qu'au-dessus de 45°. C'est que bon nombre s'accommodent parfaitement de cette haute température, du moins pendant un temps assez long.

De 50° à 60° périssent tous les *bacteriums* communs, et tous les microcoques à 60°, les mucédinées, les algues et presque tous les *coccus* disparaissent à leur tour.

Il est quelques espèces très rares, qui ont, paraît-il, la propriété de pulluler à 70°. Mais en général on ne rencontre plus à cette température que les germes des bactéries adultes qui disparaissent encore progressivement, à mesure qu'on approche de 100°.

Après M. Miquel, M. Wada son élève a repris ces expériences si intéressantes, et est arrivé au résultat cherché, c'est-à-dire à la stérilisation par la prolongation de l'ébullition pendant 20 minutes.

Eau de l'Ourcq.

Température de l'eau	Bactéries par centimètre cube
14°	460.800
50° pendant 10 minutes . .	600
60° . . id.	60
70° . . id.	88,8
80° . . id.	62,4
90° . . id.	26,4
100° pendant 10 minutes . .	0,5
100° pendant 20 minutes . .	0,0

Eau de la Vanne puisée au réservoir de Montrouge.

Température de l'eau	Bactéries par centimètre cube.
13°	4,800
50° pendant 10 minutes . .	175
60° . . id.	»
70° . . id.	3
80° . . id.	1,7
90° . . id.	0,3
100° . . id.	0
100° pendant 20 minutes . .	6

Ainsi donc l'ébullition de l'eau doit être prolongée pendant 20 minutes pour que l'on puisse être assuré de sa stérilité. Il faudra donc, dans les cas où on n'aura que ce moyen de débarrasser l'eau de ces germes, ne pas oublier ce temps principal de l'opération, puisque nous avons vu

par les expériences du Dr Miquel, que 15 minutes d'ébullition ne suffisent pas à procurer une stérilisation suffisante.

On a craint que l'eau bouillie n'ait perdu une partie de ses propriétés nutritives, et même sa digestibilité. Certaines personnes l'ont accusée de rester lourde et fade même après le refroidissement, par perte d'une partie de ses gaz et principalement de l'acide carbonique, et que du même chef elle aurait précipité ses sels calcaires et magnésiens.

En fait elle a perdu son goût; une eau primitivement agréable à boire, perd sa saveur par l'ébullition, et bien des personnes la déclarent lourde à la digestion. Dans certaines eaux même il se forme un précipité terreux, et on est obligé d'avoir recours à la filtration pour leur rendre leur limpidité. Quant à l'absence des éléments de l'air, et à la diminution du pouvoir nutritif par précipitation des sels, bien des chimistes ont étudié l'eau bouillie à ce point de vue, et leurs conclusions tendent toutes à prouver l'innocuité de cette eau.

M. Guinard s'est livré à des analyses très précises et est arrivé à démontrer que seules avaient à redouter l'ébullition au point de vue des modifications chimiques, les eaux très riches en bicarbonates, par conséquent très dures, et peu propres à l'alimentation. Mais, par exemple, une eau potable qui contenait 15 centigrammes de matières terreuses par litres, en contient encore 12 centigrammes après l'ébullition.

Il n'y a donc pas à tenir compte de cette diminution infinitésimale des matières salines, qu'on retrouvera en

quantité suffisante dans les aliments, tels que le pain, le vin, la viande, les légumes, le lait. C'est une compensation qui doit s'établir normalement dans la digestion quotidienne, et d'ailleurs il est bien des sources qui servent à l'alimentation et qui ne contiennent pas 12 centigrammes de principes minéraux par litre.

Le dernier reproche qu'on ait fait à l'eau bouillie c'est d'avoir perdu ses gaz. Et d'abord à quoi lui servent-ils ces gaz, au point de vue de la digestion, en dehors de l'acide carbonique qui la rend sapide. L'azote n'a jamais été reconnu indispensable à la digestion, et la présence de l'oxygène ne prend de valeur que lorsqu'il s'agit de l'eau naturelle parce qu'étant incompatible avec une trop grande quantité de matières organiques ou minérales, son défaut peut être considéré comme un signe d'impureté. Mais l'eau ne perd jamais la totalité de ses gaz, même après une ébullition prolongée, et il suffit de laisser refroidir l'eau au contact de l'air dans un endroit frais pour que la majeure partie des gaz chassés par la chaleur entre de nouveau en dissolution. Voilà ce qui résulte des manipulations pratiquées par M. Guinard. Nous n'en retiendrons que le dernier point, le refroidissement à l'air libre de l'eau bouillie. C'est cette manœuvre que nous trouvons dangereuse. Admettons en effet que l'ébullition ne fasse perdre à l'eau aucune de ses qualités nutritives, elle perd du moins sa fraîcheur, et pour la lui rendre il faut l'exposer à l'air frais, et l'expérience démontre qu'elle va reprendre pendant cette exposition une partie des gaz qu'elle a perdus.

Mais en même temps que ces gaz, que risqué-t-elle de

dissoudre ? Tous les micro-organismes qui ont l'habitude de vivre dans les couches superficielles du sol, et que la sécheresse et la dessication ont permis à l'air de soulever.

Elle y trouvera aussi tous les germes qui se détachent des matières putrides excrémentitielles exposées à l'air et desséchées, dans ce nombre peuvent figurer en notables proportions les microbes pathogènes. Ces derniers ne doivent pas subsister longtemps dans ce milieu mobile et d'une faible humidité, et recherchent l'eau, leur véritable élément ; l'air ne serait pour eux qu'un milieu de passage, de diffusion, tendant toujours à disséminer les proportions dans lesquelles ils se trouvent dans l'atmosphère. Or, comme il est prouvé que la plupart des microbes pathogènes ne pénètrent dans l'organisme que par les voies digestives, il est clair que l'eau doit en véhiculer la plupart. Il importe donc de soustraire l'eau stérilisée au contact immédiat de l'air, car l'on ne tarderait pas à y voir se former de nouvelles colonies microbiennes.

Et d'ailleurs ces discussions pourraient se prolonger longtemps sans convaincre les partisans, ni les ennemis de l'eau bouillie. Il nous semble que l'argument que nous avons réservé pour le dernier est le meilleur et le plus indiscutable.

La moitié du continent boit de l'eau bouillie. En Asie, en Chine, en Russie, l'usage de l'infusion de thé est général. Qu'est-ce que l'infusion de thé, sinon de l'eau bouillie ? Et ceux qui la boivent en digèrent-ils moins bien ? Nullement.

A Singapour, on voit dans les rues des marchands de thé, comme chez nous des marchands de coco, et tout

ruisselants de sueur, les buveurs affluent autour de la voiture à thé, et en avalent de pleines tasses bouillantes. C'est une habitude prise, sous ces régions tropicales, et l'eau froide est en discrédit absolu.

Nous avons vu que l'eau stérilisée par l'ébullition prolongée, abandonnée à elle-même, est, au bout de quarante-huit heures, dans des conditions identiques à celles où elle se trouvait avant l'ébullition.

Comme c'est précisément en temps d'épidémie que nous proposons la stérilisation de l'eau, où sera le bénéfice obtenu par l'ébullition si le refroidissement doit être opéré à l'air libre ?

Voici donc le procédé à appliquer : *maintenir l'eau pendant vingt minutes à la température d'ébullition ou mieux pendant un quart d'heure à une température supérieure, 120° à 130°, et la refroidir sans lui laisser prendre contact avec l'air.*

On peut donc pour réaliser une partie de ce procédé conseiller aux particuliers de ne se servir comme eau de boisson que d'une eau qu'ils auront soumise à une ébullition prolongée vingt minutes. Dans un vase en fer émaillé de préférence pour que le métal ne soit pas attaqué par les sels et les gaz qui se dégagent pendant l'ébullition. Cette eau sera aérée au moyen du battage. Les appareils construits pour le battage des crèmes et des sauces conviendraient très bien pour ce battage, à condition d'être réservés exclusivement à cet office. Nous ne saurions trop recommander de s'éloigner de la pierre d'évier pour pratiquer ce battage. Cette pierre est à côté des fourneaux et on est tout porté à faire dessus toutes les

manipulations capables de salir en éclaboussant. Ce serait aller, pour l'incorporer à notre eau devenue stérile par l'ébullition, chercher l'air le plus vicié de la pièce. En effet, presque toutes les pierres d'évier de Paris sont mal installées; elles sont en pierre poreuse, et ne sont munies que d'une bonde siphonoïde, à la protection de laquelle on aurait tort de se fier.

Quant à la fourniture de l'eau bouillie par les municipalités elle avait paru jusqu'à ce jour à peu près irréalisable. On s'en était préoccupé surtout pour celles d'entre elles qui ne pouvaient faire les frais d'une amenée d'eau, ou qui n'avaient aucune source à leur portée. Dans ces dernières années des essais divers ont été faits pour réaliser cette ébullition de l'eau des services publics. M. Teller notamment a imaginé un appareil spécial; dans la marine également on fait souvent usage, au cours des longues traversées, d'eau bouillie qu'on a rafraîchie et aérée en la faisant traverser au sortir de la cuve, par un courant d'air obtenu à l'aide des manches à vents.

CHAPITRE VII

APPAREILS.

C'est en effet cette difficulté de l'aération et du refroidissement de l'eau qui ont le plus préoccupé les constructeurs. M. Brouardel avait prié depuis longtemps plusieurs maisons industrielles d'étudier ce problème. Il vient d'être très complètement et très élégamment résolu dans les conditions suivantes :

MM. Rouart et Geneste-Herschel ont construit, chacun de leur côté, un appareil destiné à répondre aux desiderata que nous venons de formuler, et après de nombreux essais sur les conseils des hygiénistes les plus éminents ils sont arrivés à un résultat à peu près identique, si bien qu'ils ont aujourd'hui mis en commun leur appareil. Voici comment est composé cet appareil.

Description d'un appareil.

1° *Filtre dégrossisseur.* — L'eau, prise sur la conduite de refoulement des pompes, traverse un filtre formé de sable (silex pur) de moyenne grosseur, destiné à arrêter les plus grosses impuretés, et à empêcher ainsi l'embourbement des appareils.

A sa sortie l'eau se bifurque en deux courants traversant chacun successivement de bas en haut un échangeur à serpentin et un échangeur capillaire. Ces deux courants, qui se trouvent alors portés par simple échange à une température de plus de 100 degrés, se réunissent pour pénétrer dans le chauffeur.

2° *Réchauffeur*. — Le réchauffeur a pour effet de fournir à l'eau déjà très chaude le complément de chaleur nécessaire pour la stérilisation. L'eau échauffée au degré voulu (125° par exemple) reste encore dans l'appareil pendant un certain temps (10 minutes environ). La chaleur et le temps sont en effet les deux éléments simultanément nécessaires à la purification complète de l'eau.

Ce réchauffeur est formé d'un faisceau tubulaire de nettoyage facile, avec à la partie supérieure une réserve d'eau de volume suffisant. L'eau circule de bas en haut en traversant le faisceau de tubes : ces derniers sont entourés par la valeur empruntée aux générateurs.

Les dimensions du réchauffeur sont environ :

Diamètre 0 m. 600

Hauteur 2 m. 500

L'eau à la sortie de cet appareil se bifurque de nouveau en deux courants de sens contraire aux précédents ; chaque courant parcourt successivement un échangeur capillaire à serpentins, un complément d'échangeur, un clarificateur.

3° *Echangeurs capillaires*. — Ces appareils sont formés de tubes concentriques entre lesquels circule d'une part l'eau stérilisée chaude, d'autre part, en sens inverse, l'eau

à stériliser déjà fortement échauffée par son passage à travers les échangeurs à serpentins.

Les eaux étant à haute température dans ces appareils peuvent laisser quelques dépôts dont le nettoyage est rendu très facile par la nature même de la construction. Ces échangeurs sont en effet démontables dans toutes leurs parties.

Ils ont comme dimensions approximatives, 0 m. 50 en diamètre et 2 mètres en hauteur.

4° *Echangeurs*. — L'eau stérilisée déjà refroidie dans les échangeurs capillaires, pénètre simplement tiède dans les serpentins des deux autres échangeurs. A l'extérieur des serpentins circule l'eau froide encore non purifiée elle-même, et sortant seulement du filtre dégrossisseur.

Ces échangeurs à serpentins mesurent 0 m. 50 de diamètre sur 2 mètres de hauteur.

5° *Compléments d'échangeurs*. — A sa sortie des appareils précédents, l'eau stérilisée pénètre dans les serpentins des deux compléments d'échangeurs; elle est refroidie par de l'eau arrivant directement de la conduite principale sans traverser les filtres dégrossisseurs; cette eau de refroidissement n'est pas utilisée, elle est rejetée au puits.

Le but des « compléments d'échangeurs » est d'amener l'eau stérilisée à un degré de fraîcheur presque égal à celui de l'eau d'origine.

6° *Clarificateurs*. — L'eau stérilisée et refroidie est propre à la consommation.

Néanmoins elle traverse encore deux clarificateurs destinés à retenir toute trace de matières en suspension

et à donner à l'eau une limpidité parfaite en harmonie avec la pureté bactériologique de cette eau.

Ces clarificateurs sont formés d'un réservoir cylindrique en fer, de 0 m. 500 de diamètre, dans lequel sont fortement tassés sur une hauteur de 20 centimètres des grains fins de silex concassé.

Un jeu de robinets permet de renverser le courant à travers cette couche de sable, et de purger ainsi l'appareil de temps en temps.

A la sortie des filtres, les deux courants d'eau stérilisée de chaque appareil se réunissent pour aller se déverser dans un bassin de 60 mètres cubes, d'où cette eau est refoulée dans le bassin supérieur de distribution par les machines élévatoires munies chacune à cet effet d'une petite pompe spéciale.

Cet appareil tel qu'il est ici décrit vient d'être mis à l'essai par la marine à Brest. Les expériences ont donné lieu à un rapport très détaillé de M. l'ingénieur principal de la marine et de M. le pharmacien principal. Ce rapport est suivi de conclusions que nous discuterons au point de vue pratique. Voici d'ailleurs ce rapport tel qu'il vient d'être communiqué par la direction de la marine à MM. les ingénieurs constructeurs.

MARINE FRANÇAISE *Appareils pour la production de l'eau
stérilisée.*
—
Port de Brest.
—
*Direction des travaux
hydrauliques et bâti-
ments civils.*

SYSTÈME ROUART F^{res} ET C^{ie}, GE-
NESTE, HERSCHER ET C^{ie}.

Rapport de l'Ingénieur

Les appareils pour la production de l'eau stérilisée, dont le montage au 2^e dépôt des équipages de la flotte, a été prescrit par la dépêche ministérielle du 18 octobre 1891, ont été admis en recette provisoire le 24 novembre 1891.

Ces appareils ont été présentés par MM. Rouart f^{res} et Cie d'une part, Geneste, Herscher et Cie d'autre part; ils sont portés sous les noms d'appareil LB³ et appareil LV⁵, sous lesquels nous les désignerons dans cette note.

Depuis la recette, et sauf les interruptions nécessitées par la visite et le nettoyage des appareils, et quelques légères modifications qui y ont été apportées par les constructeurs, les appareils ont fonctionné constamment dans de bonnes conditions.

Avant de donner les résultats des essais, ainsi qu'un examen comparatif des deux systèmes expérimentés, il nous paraît nécessaire d'abord de rappeler le principe des appareils et d'en donner une description sommaire.

Stérilisation par la chaleur. — Les appareils sont construits de manière à maintenir pendant un certain temps l'eau sous pression à une température de 120° à 130°, cette eau qui circule dans les appareils est ensuite refroidie.

die et livrée à la consommation. Cette action de la chaleur a pour résultat de détruire tous les organismes qui vivent dans l'eau, tous les germes nuisibles qu'elle peut contenir et diminuer en même temps les quantités de matières organiques susceptibles de favoriser la reproduction de ces organismes.

Des expériences faites d'une manière suivie sur des appareils analogues, de plus petit modèle, essayés dans les hôpitaux, ont démontré leur parfaite efficacité.

Voici du reste les résultats des différentes expériences, extraits d'une étude faite par le Dr Gabriel Pouchet.

RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE L'EAU STÉRILISÉE PAR L'APPAREIL DE MM. ROUART, GENESTE ET HERSCHER.

1° *Analyse chimique.*

Les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau :

		No 1 (1). Eau avant passage dans l'appareil	No 2 La même eau après séjour de 10 m. à 142°
Évaluation de la matière organique	1° En oxygène { Solution acide	6.875	3.250
	— alcaline	4.875	2.500
	2° En ac. oxal. { Solution acide	54.175	25.610
	C ² O ⁴ H ² 2A.Q. { — alcaline	38.415	19.700
(1) Eau de Seine, livrée par la Ville de Paris			
Oxygène dissous { En poids.		10.750	4.750
Recherches En volume.		7c ³ 5	5c ³ 5
Ammoniaque et sels ammoniacaux.		0	0

	N° 1. Eau avant passage dans l'appareil.	N° 2. La même eau après séjour de 10 minutes à 142°.
DOSAGES.		
Chlore en CL.	728	728
Chlorure en sodium correspondant.	12.00	12.00
Acide nitrique en Az O ₃ H.	5.30	4 45
Analyse des gaz dissous dans un l. d'eau.		
Volume total des gaz dissous.	43c.3 2	16c.3 88
Dont { Acide carbonique.	17c.3 3	3c.2 2
{ Oxygène.	8c.3 3	3c.3 89
{ Azote.	17c.3 75	9c.3 78

2° Analyse bactériologique.

	Durée de s-j. dans l'ap.		Températ.	Bonil.	Gélat. Tubes.	Peptone Plaques
	Min.	Deg.				
<i>Première série d'expériences.</i>						
1 ^o Eau avant stérilisation.	0	0	cult. ab. en 24h.		cultive	cultive
2 ^o Eau stérilisée.	33	142	0		0	0
3 ^o Eau ensemencée avec le bac. ypcocyarreus.	»	»	cult. ab en 24h.		cultive	cultive
4 ^o Eau ensemencée avant stérilisation.	33	142	0		0	0
5 ^o Eau ensemencée après stérilisation.	24	140	0		0	0
6 ^o — — — — —	10	141	0		0	0
<i>Deuxième série d'expériences.</i>						
1 ^o Eau stérilisée.	20	130	0		0	0
2 ^o — — — — —	10	130	0		0	0
3 ^o — — — — —	5	130	cult. lég. au 4 ^e j.		cultive faibl.	quel. c. au 5 ^e j.
<i>Troisième série d'expériences.</i>						
4 ^o Eau stérilisée.	20	120	0		0	0
5 ^o — — — — —	15	120	0		0	0
6 ^o — — — — —	10	120	cultive faibl.		cultive faibl.	quel. c.
7 ^o — — — — —	5	120	cultive		cultive	quel. c.

Le sable employé dans le clarificateur, essayé à plusieurs reprises par ensemencement dans des bouillons de différentes compositions, s'est constamment montré

stérile. Des échantillons ont été prélevés en différents points du clarificateur et à des époques variant depuis la fin d'une opération jusqu'à 3 jours après l'utilisation de l'appareil.

DEUXIÈME SÉRIE D'ANALYSES CHIMIQUES.

		Eau av. stérilis.	La m. eau apr. stér. à 120°.
Evaluation de la matière organique.	{ En oxygène } Solution acide.	4500	2750
	{ — } — alcaline.	2000	2000
	{ En ac. oxal. } Solution acide.	35460	21670
	{ C ² O ⁴ H ² A. Q. } — alcaline.	19700	15760
	{ Ox. dissous } En poids.	10750	4000
	{ Acide carbonique dissous. } En volume.	7 ⁰⁰ 51	2 ⁰⁰ 8
		25 00	10 ⁰⁰ 0
RECHERCHES.			
Ammoniaque et sels ammoniacaux.			
Analyse minérale.		0	0
Acide nitrique.		5.00	4.30
Chlore (en CL).		7.28	7.28
Acide sulfurique (en 80°).		11.66	19.20
Silice (en S, O ²).		11.00	9.00
Chaux (en CaO).		96.88	66.88
Magnésie (en MgO).		7.9	4.67
Résidu à 110°.		240.3	163.5
Sels minéraux.		211.4	151.8
Perte au rouge.		28.9	11.7
HYDROTIMÉTRIE.			
Degré total.		16.5	10.5
Degré permanent.		4.0	4.0
COMPOSITION PROBABLE.			
Silice.		11.0	9.0
(1) Sulfate de chaux.		19.8	36.64
Carbonate de magnésie.		16.6	9.8
Carbonate de chaux.		158.5	94.0
Chlorure de sodium.		12.0	12.0
Acide nitrique.		5.0	4.3
ANALYSES DES GAZ DISSOUS.			
Volume total des gaz dissous.		53 ⁰⁰ 6	23 ⁰⁰ 4
Acide carbonique.		27 ⁰⁰ 2	11 ⁰⁰ 6
Oxygène.		8 ⁰⁰ 1	3 ⁰⁰ 0
Azote.		18 ⁰⁰ 3	7 ⁰⁰ 8
(1) Ce sulfate de chaux a été fourni par du sable impur contenu dans le clarificateur.			

Il résulte de ces expériences que le chauffage pendant 15 minutes à 120° ou de 10 minutes à 130° suffit pour rendre l'eau complètement stérile.

Passons maintenant à la description sommaire des appareils. Chacun des appareils se compose d'une chaudière pour le chauffage de l'eau, et la production de la vapeur nécessaire pour la pompe de circulation, d'un échangeur où l'eau commence à se refroidir, d'un complément d'échangeur qui la rend fraîche et d'un clarificateur.

Appareil Rouart. — Dans l'appareil Rouart et Cie (LB²) la chaudière est du genre Field, à 19 tubes verticaux, l'alimentation se fait au moyen d'un collecteur annulaire duquel partent de petits tuyaux plongeant jusqu'à la partie inférieure des tubes de pourtour, elle est munie, outre les appareils de sûreté ordinaires, d'un thermomètre et d'un siphon de vidange, permettant de faire baisser le niveau de l'eau au-dessous de la prise d'eau stérilisée, de façon à intercepter à la fin de chaque opération la communication entre la chaudière et le reste de l'appareil, l'alimentation est faite au moyen de l'eau provenant de l'échangeur et déjà élevée à une température voisine de 100 degrés. A la sortie de la chaudière, l'eau stérilisée se rend dans l'échangeur, sorte de serpentin qu'elle traverse de haut en bas, et qui est refroidi extérieurement par l'eau d'alimentation refoulée par la pompe.

Pour compléter le refroidissement, l'eau stérilisée traverse un deuxième serpentin appelé complément d'échangeur, refroidi par un courant d'eau d'un débit à peu près égal au précédent et qui s'écoule librement ensuite. A sa

sortie l'eau traverse un clarificateur, filtre à sable disposé de manière à pouvoir être nettoyé par un simple renversement de marche.

La pompe d'alimentation à action directe est disposée de manière à refouler d'un côté sur l'échangeur, et de l'autre sur le complément d'échangeur, la différence d'effort étant compensée par la grosseur de la tige du piston de vapeur calculée à cet effort.

Appareil Geneste et Herscher. — L'appareil Geneste et Herscher (LV⁵), dont les éléments essentiels sont à peu près les mêmes, diffère cependant du précédent par la disposition des appareils. La chaudière est à double compartiment, la partie inférieure seule chauffée directement par le foyer, produit la vapeur nécessaire pour la pompe de circulation et le chauffage de la partie supérieure dans laquelle se rend l'eau à stériliser après avoir traversé un réchauffeur tubulaire placé latéralement.

Les deux échangeurs sont placés en série et traversés successivement par l'eau réfrigérante ; sur le deuxième, un robinet jauge sert à évacuer le trop plein de l'eau réfrigérante.

Sur le passage du tuyau, avant le clarificateur se trouve aussi une soupape chargée à 3 kilogs par centimètre destinée à arrêter le fonctionnement de l'appareil si la pression descend au-dessous de la pression de régime.

Réservoirs. — A la sortie des appareils, les eaux sont versées dans des réservoirs en tôle, dont la disposition est la même pour les deux appareils. Ces réservoirs portent à leur partie inférieure une couronne de robinets, une vidange, et à la partie supérieure l'arrivée d'eau

et une prise d'air garnie de ouate stérilisée de façon à filtrer l'air qui rentre dans les réservoirs.

Expériences. — Les expériences faites ont porté sur une durée de marche de 476 heures pour l'appareil Rouart et 551 pour l'appareil Herscher ; pour ce dernier on a étudié le chauffage au charbon pendant 455 heures et le coke pendant 96 ; l'appareil Rouart n'a jamais pu marcher d'une manière satisfaisante au coke. Pendant les expériences on a relevé les températures de l'eau, au robinet de prise d'eau, à la sortie des appareils, à la suite des échangeurs, la consommation de charbon, les débits.

Pour l'appareil LV⁵, le débit en marche normale a été exactement réglé à 500 litres à l'heure avec un égal débit au trop plein de l'échangeur, pour l'appareil LB³ le débit varie un peu avec la pression, en marche normale il est de 500 litres d'eau stérilisée pour 500 litres au complément d'échangeur.

La consommation totale d'eau pour une production d'eau stérilisée est donc de 1000 litres pour l'appareil Herscher et de 1050 pour l'appareil Rouart.

Les autres renseignements sont groupés dans le tableau ci-dessous qui donne les moyennes de toutes les expériences.

	Température de l'eau			Consommat. Par heure		Matières accessoires pour 1027 heures de marche
	à la prise d'eau	à la sortie de l'appareil	à la sortie de l'échangeur	Charbon	Coke	
Appareil Rouart	9.66	17.29	25.34	9.84		Huile d'olive 8.50
Appareil Herscher		14.83	29.67	11.36	15.45	Tresse d'amiante 2.52
						Chiffons 1.25
						Céruse 0.08
						Caoutchouc 3.00
						TOTAL 15.35
						Environ 0 fr.015 par heure et par appareil.

Ce tableau montre que l'eau sort plus fraîche de l'appareil Herscher, ce qui doit tenir à une meilleure disposition des serpentins réfrigérants ; il est vrai que le trop plein est à une température plus élevée, et par conséquent la chaleur perdue plus forte, mais on pourrait remédier à cela en déplaçant le robinet de trop plein qui est à mi hauteur de l'échangeur, et en le plaçant plus bas, dans une région où la température est moins élevée.

Au point de vue de la consommation de charbon, l'appareil Rouart donne un bénéfice de 1 k. 42 par heure ; cette différence semble résulter, d'une part, du mode de chauffage indirect employé dans l'appareil LV⁵ et qui ne nous paraît pas nécessaire, et, d'autre part, à la pression plus faible de l'appareil LB³ 2 k. 5 au lieu de 3 k. 5, mais ce dernier a un gros inconvénient que nous tenons à signaler.

Pour nous rendre compte de ce qui pourrait résulter d'une négligence des agents chargés de la marche des appareils, nous avons laissé tomber la pression dans les deux appareils, jusqu'à arriver à la limite inférieure ou

après arrêt ils ne repartaient plus. A partir de la pression de 2 kilos, l'appareil Herscher a une marche très difficile et un débit absolument insignifiant, et il stoppe complètement vers 118° ou 0,80 de pression effective, tandis que l'appareil Rouart continue à marcher jusque vers la pression de 0 k. 500, correspondant à la température de 110° environ, et le débit à ce moment est encore de près de 400 litres à l'heure, il peut donc parfaitement arriver que l'eau pénètre dans les réservoirs, insuffisamment stérilisée, et il serait à désirer qu'un arrêt automatique pût fonctionner dès que la température descend au-dessous de 120°.

Nous ferons remarquer d'ailleurs que la consommation de charbon est très élevée dans les deux appareils.

Les quantités de chaleur réellement dépensées sans tenir compte des pertes par rayonnement ou refroidissement par l'air, sont les suivantes :

LB ³ 500 l. portés de 9°,66 à 17°,29	3845 cal.
550 l. portés de 9°,66 à 25°,34	8624
Vapeur pour la pompe 70°. En tout	12469
LV ⁵ 500 l. portés de 9°,66 à 14°,83	2015 cal.
500 l. portés de 9°,66 à 29°,67	10005
Vapeur pour la pompe 90°. En tout	12110

En estimant à 8000 c. le pouvoir calorifique des briquettes employées, l'utilisation réelle des appareils serait de 13 pour 100 pour l'appareil Herscher et 15 pour 100 pour l'appareil Rouart ; ce rendement est bien faible si on le compare à celui des appareils évaporatoires courants, où l'on arrive facilement à 50 pour 100 (6 kil. de vapeur

pour 1 kilogramme de charbon) et nous ne doutons pas qu'il ne soit facile d'améliorer la forme de la chaudière pour diminuer la consommation de charbon et la faire tomber à moitié au plus.

Les appareils marchent d'une façon parfaitement régulière et satisfaisante, et les analyses jointes montrent que l'eau stérilisée subit relativement peu de modifications, au point de vue minéral, qu'elle conserve une notable quantité d'air dissous et reste agréable à boire, sauf un léger dépôt ferrugineux plus sensible à l'œil qu'au goût et qui provient surtout des réservoirs (La présence du bacille subtilis dans un des échantillons, nous paraît devoir être attribuée à l'essai de marche à limite de pression, citée plus haut). Les constructeurs avisés de ce défaut cherchent une peinture inoffensive susceptible de résister à la température de 120 degrés, à laquelle il faut porter ce réservoir, pour le stériliser avant de le remplir.

Nous pensons cependant que l'on arriverait à un résultat plus certain en construisant des réservoirs au moyen de tuyaux de grès (genre Doulton), assemblés au moyen de joints à brides et rondelles de caoutchouc.

La dépense à laquelle d'après les expériences on arriverait pour le mètre cube d'eau stérilisée serait la suivante :

	Rouart	Herschel	
Mécanicien 2 heures.	0.66	0.66	0.66
Charbon.	0.55	0.64	»
Coke.	»	»	0.54
Huile, chiffons, etc.	0.03	0.03	0.03
	1.24	1.33	1.23

Ce prix paraît pouvoir être facilement ramené à 0,95 au maximum au moyen de chaudières donnant un meilleur rendement et même environ 0,60 quand la marche des appareils permettra de n'employer qu'un mécanicien.

En résumé, l'appareil Rouart nous paraît actuellement plus économique, mais il a l'inconvénient de pouvoir marcher au-dessous de la température de stérilisation certaine. Nous estimons donc que l'appareil définitif à adopter serait une combinaison des deux appareils expérimentés.

Il comprendrait une chaudière pour le chauffage direct de l'eau à stériliser, pour cette chaudière il serait peut-être avantageux d'adopter un système multitubulaire genre Belleville ou similaire, dans laquelle l'eau circulerait refoulée par la pompe, celle-ci étant fixée au corps de la chaudière comme dans l'appareil Rouart, de là l'eau circulerait dans des échangeurs semblables à ceux de l'appareil Herscher, qui ont l'avantage de pouvoir se déplacer facilement, n'exigent aucune fondation, et dont tout le tuyautage, sauf le serpentin, est apparent, elle en sortirait par une soupape chargée à 2 k. 5 ou 3 k. et arriverait le clarificateur, qu'il serait désirable de rendre plus efficace pour débarrasser plus complètement l'eau des particules ferrugineuses qu'elle a pu recueillir dans l'appareil. Les réservoirs, enfin, seraient formés par des tuyaux de grès aussi gros que possible, conservant l'eau intacte et fraîche.

Ainsi constitués, ces appareils nous paraissent susceptibles de fournir d'une manière continue de l'eau stérilisée

moyennant une dépense d'environ 0, 95 pour 1 mètre cube, ils seraient aisément transportables, qualité à rechercher, car, à notre avis, la stérilisation de l'eau potable ne doit être appliquée d'une façon continue que dans les endroits où il est absolument impossible de se procurer de l'eau de source.

Partout ailleurs, la dépense de la marche de l'appareil représente une somme infiniment plus considérable que celle qui serait nécessaire pour rendre complètement inoffensives les eaux naturelles.

Telle est la situation du 2^e Dépôt des Equipages de la flotte, qui, dans quelques jours, ne recevra plus que de l'eau parfaitement pure, des nouvelles sources de Kéroural; aussi proposons-nous dès que le travail sera achevé d'arrêter les stérilisateurs et de les maintenir en état de réserver soit au Dépôt des Equipages de la Flotte, soit à tout autre endroit, où ils pourraient dans leur état actuel être transportés et montés dans l'espace de deux à trois jours au plus.

Brest, le 3 mai 1892.

L'Ingénieur des travaux Hydrauliques.

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Annexe. — Les échantillons de ces eaux ont été pris dans les réservoirs où l'on conserve l'eau sortant des stérilisateurs. Les bouteilles destinées à les contenir avaient été préalablement bouillies pendant une demi-heure dans l'eau des mêmes réservoirs.

16 février 1892. — 3 heures du soir. — L'eau est sou-

mise à l'analyse bactériologique par la méthode de Péré.

Je mets à l'étuve d'Arsonval, réglée à 35° environ, 5 tubes contenant un mélange d'eau à analyser et de bouillon peptonisé phéniqué dans les proportions indiquées par Péré.

20 février. — Pas de trouble de l'eau, donc on peut affirmer que cette eau ne contient ni bacille typhique, ni *coli commune*. Une eau, polluée par des traces de ces bacilles, se trouble au bout de 30 heures au plus, d'après Péré.

21 février. — Un tube décèle la présence du *bacillus subtilis* qui cultive en voile, à la surface du bouillon de culture.

23 février. — Le même tube donne du *subtilis*; les autres sont toujours limpides.

Conclusions. — L'eau provenant des stérilisateurs est exempte de bacille typhique et de *coli commune*.

Le *bacillus subtilis* provenant en général des infusions végétales, le foin en particulier, ou de matières fécales normales, il y a lieu de protéger les réservoirs contre toute contamination.

Brest, le 24 février 1892.

Signé : D^r PITON.

ANALYSE CHIMIQUE COMPARATIVE DE L'EAU FOURNIE PAR
LES STÉRILISATEURS.

Les résultats sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau :

Evaluation de la matière organique en dissolution.

	Appareil Rouart			Appareil Geneste-Herschel		
	Eau av. le passage.	Eau apr. le passage.	Réser-voir.	Eau av. le passage.	Eau apr. le passage.	Réser-voir.
1° En oxygène (Solution acide. Solut. alcaline.)	1.431 1.178	1.178 1.137	1.170 »	1.431 1.178	1.178 1.050	1.178 »
2° En acide ox. à 2 eq. d'eau. (Solution acide. Solut. alcaline.)	11.280 9.290	9.290 8.960	» »	11.280 9.290	9.290 8.300	» »
Oxyg. dissous (En poids. En vol. (n à 0° et à la pression.)	8.840 6.180	3.359 2.348	5.113 3.577	8.840 6.180	3.359 2.348	5.113 3.577
Degré hygrométrique total.	8°	7°	»	8°	7°	»
Chlorures exprimés en chlorures de sodium.	98°	98°	»	98°	98	»

Les dosages d'oxygène ont été effectués sur place, à la sortie des appareils et en se mettant à l'abri de toute cause d'erreur. Toutes ces eaux, y compris celle du bassin d'alimentation, manquaient complètement de limpidité; de telle sorte que pour être comparables les dosages de la matière organique ont dû être faits après filtration sur un tampon d'amianté préalablement chauffé au rouge. D'autre part, comme l'eau se trouve notablement ferrée, par suite de son passage dans les appareils, on a dû tenir compte de cette cause d'erreur et la faire disparaître. Des résultats qui précèdent, on peut tirer les conclusions suivantes : 1° Les deux appareils fonctionnent

dans des conditions identiques, quant à la qualité de l'eau qu'ils produisent et en se plaçant au point de vue chimique ; 2° Après son passage dans les appareils, l'eau se trouve avoir perdu les 2/3 environ de son oxygène dissous, perte qui résulte de l'oxydation de la matière organique et aussi probablement de l'oxydation du fer.

En passant dans les réservoirs, l'eau récupère en partie l'oxygène perdu. On pourrait à la rigueur, augmenter sensiblement cette aération, en produisant l'écoulement dans les réservoirs sous forme de pluie ou de nappe mince à large surface ; 3° La stérilisation par ses appareils ne modifie pas sensiblement la composition de l'eau, quant aux matières minérales qu'elle tient en dissolution. Nos eaux en effet n'ont que 16 ou 17 centigrammes de matières fixes par litre, dont 9 ou 10 centigrammes de chlorure de sodium, les bicarbonates terreux y font absolument défaut.

Desideratum. — Ces appareils sont loin de fournir des eaux irréprochables, quant à la limpidité. Elles conservent une couleur jaunâtre qui ne disparaît pas, même après un repos de plusieurs jours.

Je me suis assuré que ce manque de limpidité et cette couleur jaunâtre n'étaient pas dus à des corps en dissolution, mais bien à de l'oxyde de fer en suspension.

Il y aurait donc lieu, je crois, de prendre des dispositions pour n'introduire dans les appareils que de l'eau claire, et, d'autre part, d'établir un filtre entre les réservoirs et la rampe de distribution.

Sans cette modification, les appareils donneront toujours de l'eau trouble et jaunâtre, ce qui fait perdre au

liquide stérilisé une grande partie de ses avantages.

Les hommes éprouvent en effet, une certaine répugnance à boire cette eau d'un aspect douteux.

Brest, le 20 février 1892.

Le Pharmacien principal de la Marine

Signé : ROUHAUD.

Nous avons tenu à reproduire cet important document, car il juge nettement les résultats obtenus, et nous montre que ce problème si difficile de la stérilisation par la chaleur des eaux d'alimentation publique est aujourd'hui résolu.

D'autres rapports dont l'un dû à M. le Dr Gabriel Pouchet, présentés au comité consultatif d'hygiène publique de France, ont été très favorables à cet appareil.

Depuis cette époque la plupart des desiderata qui avaient été formulés ont été remplis par les constructeurs.

La différence entre la température à l'entrée et à la sortie de l'appareil n'est plus que de 2° à 3°, c'est-à-dire insignifiante au point de vue alimentaire.

On pourrait encore rafraîchir davantage cette eau en entourant le réservoir d'une surface d'évaporation quelconque telle qu'une mince feuille de feutre constamment humide. Par ce moyen, on empêcherait, pendant les grandes chaleurs, le rayonnement sur les parois du réservoir, et l'évaporation rapide produite sur toute la surface abaisserait certainement la température du contenu.

M. le médecin principal de la marine propose pour

rendre à l'eau une partie des gaz qu'elle a perdus par la stérilisation, de la faire couler en nappe ou en pluie dans les réservoirs. Ceci serait possible, mais il faudrait alors s'assurer de la fermeture hermétique des réservoirs et adopter à la prise d'air nécessaire un véritable filtre capable de retenir tous les micro-organismes en suspension. Sans cette précaution nous retomberions dans le danger que nous avons signalé plus haut, à propos du refroidissement de l'eau stérilisée par la simple ébullition prolongée.

D'ailleurs dans les derniers essais qui viennent d'être faits, les quantités de gaz conservées étaient bien supérieures à celles dont nous avons reproduit les chiffres dans les analyses de Brest.

Resterait l'inconvénient des oxydes de fer produits au détriment des tuyaux de la chaudière, qu'on évite en substituant au fer un autre métal tout aussi conducteur de la chaleur que le fer, et moins oxydable. Mais il serait encore possible, croyons-nous, de supprimer ces oxydes par une simple transformation chimique. Il suffirait pour cela de faire figurer le marbre porphyrisé en notable proportion dans le filtre qui figure à la sortie du second échangeur. Il se formerait un carbonate ferreux insoluble, dont on se débarrasserait en renouvelant fréquemment les matières filtrantes qui sont d'un prix très minime. Les traces de fer qui pourraient rester en suspension après ce filtrage seraient sans aucun inconvénient. Il existe en Auvergne des villages entiers qui s'alimentent avec des sources ferrugineuses à tel point qu'en quelques jours la margelle qui reçoit ces eaux se couvre

d'une couche d'oxyde de fer. Les habitants de ces villages ne semblent nullement souffrir de cette alimentation ferrugineuse à l'excès, et ils ne font rien pour modifier la composition chimique de leur eau.

Nous pouvons indiquer ici quels sont les résultats qui ont suivi immédiatement cette application au point de vue de la disparition de la fièvre typhoïde à Brest.

L'appareil a été mis en fonction le 17 décembre 1891.

Pendant les trois mois qui avaient précédé l'application de la stérilisation, on avait eu sur tout l'équipage du port 341 cas de fièvre typhoïde ou 37 pour 100.

Pendant les trois mois qui suivirent l'emploi de l'eau stérilisée, on ne vit que 18 cas !

Jamais on n'avait vu si peu d'hommes atteints depuis que Brest compte l'effectif important auquel il donne garnison, comme l'a constaté M. le Dr Danguy des Déserts. Et encore pourrait-on ramener ces 18 cas à 0..., en remarquant qu'un des hommes renvoyés à l'hôpital était malade depuis douze jours avant l'installation des appareils, ce qui remonte la date de l'infection en deçà de la période qui nous occupe.

Sur 14 malades portant le diagnostic embarras gastrique, 8 seulement furent reconnus pour des typhiques avérés.

Sur ces 8 cas, 5 étaient présentés par des hommes arrivés à la division depuis 4 à 13 jours, c'est-à-dire infectés avant leur arrivée.

Un autre cas est dû à une rechute d'une atteinte antérieure à l'installation des appareils.

Les deux derniers allaient en ville, et ont convenu eux-mêmes avoir bu au lavoir de la caserne.

Il est impossible d'avoir une cessation plus absolue de l'infection dans une ville.

CHAPITRE VIII

APPLICATION DE LA STÉRILISATION DE L'EAU PAR LA CHALEUR

a. — Alimentation publique. — Les ingénieurs apporteront d'ici peu toutes les modifications désirables à ces appareils déjà si près de la perfection, et il sera alors possible de fournir en grande quantité et même d'une façon continue une eau irréprochable, à la consommation publique.

Il y a même lieu de se demander s'il ne serait pas préférable, au lieu de faire de grands frais pour des amenées d'eaux de source, qui ne procurent jamais qu'une sécurité relative, d'établir un appareil à stérilisation, d'un rendement proportionné à la population à desservir.

Un projet est en ce moment à l'étude pour une ville de 10.000 habitants privée d'eau potable. Il s'agit de savoir quel procédé d'alimentation coûterait le moins cher, de l'amenée et de la canalisation précise d'une bonne eau de source acquise à grands frais, ou de l'utilisation de l'eau locale très défectueuse en principe, mais stérilisée avant d'être livrée à la boisson. Nous croyons que le second procédé prévaudra d'abord parce qu'il coûtera moins cher à la ville en question, et aussi parce que l'eau à la sortie des appareils donne plus de garanties qu'une eau de source, si pure qu'elle soit à sa captation, et canalisée pendant plusieurs kilomètres.

Dans le cas où l'emploi des appareils stérilisateurs prévaudrait, il va sans dire que seule serait stérilisée et répartie dans les habitations par une canalisation de petit diamètre, l'eau de boisson. L'eau de lavage, du service d'incendie, n'aurait pas besoin de subir cette épuration.

Il est bon de noter ici que seulement pour le service des eaux de lavage et le service d'incendie il faut une machine élévatrice pour porter dans un réservoir assez haut situé l'eau qui devra se répartir ensuite dans toutes les maisons. Une grande partie de la vapeur perdue par cette machine élévatrice pourra être utilisée dans l'appareil stérilisateur, et de la combinaison des deux machines résulterait une économie notable qui pourrait encore faire baisser d'autant le prix de revient de l'eau stérilisée qui a été évalué par approximation à 3 cent. 1/2 l'hectolitre. Et dans ce prix est compris l'amortissement du prix d'achat des appareils à 10 pour 100. Ces appareils peuvent pourvoir à une consommation très grande, il suffit de mettre en série un nombre d'appareils proportionné au rendement désiré et de calculer quel devra être ce rendement continu, à raison de tant de litres par habitant et par jour. Une ville qui pourrait réaliser ce projet, avoir de l'eau du fleuve qui la traverse en quantité suffisante pour faire de fréquents lavages dans les maisons, pour le service des latrines, pour l'arrosage dès que la sécheresse l'exige, et qui fournirait à tous les habitants une eau absolument dépourvue de germes pathogènes, cette ville verrait la mortalité diminuer dans ses murs dans de notables proportions. L'observation des

règles les plus élémentaires de l'hygiène en écarteraient toutes les épidémies dont le virus est transmissible par l'eau, et la maladie n'étendrait pas ses ravages, faute de sa voie habituelle de propagation. En effet les déjections promptement évacuées par un bon système de latrines avec une chasse parfaite, le linge et les vêtements des malades immédiatement lavés et épurés et l'eau d'alimentation fournie à l'entourage absolument épurée une fièvre typhoïde se transmettrait-elle par voie aérienne?

Mais c'est surtout au commencement ou en prévision d'épidémies, ou encore dans le cas de grandes mobilisations, d'expositions, de pèlerinages, que ces procédés peuvent être utilisés avec le plus de profit.

C'est ainsi qu'en ce moment même, il vient d'être installé un stérilisateur d'eau au camp de Satory, à l'occasion du concours de tir organisé par les officiers de la réserve et de l'armée territoriale. Nous avons vu que c'est dans les casernes de l'infanterie de marine à Brest que les premières applications ont été faites.

Il ne reste donc plus aucun doute sur la possibilité pratique et les avantages de ce procédé dans tous les cas.

En temps d'épidémie, ou dès le premier cas de maladie contagieuse transmissible par l'eau, signalé dans une localité, il faudra remplacer l'eau suspecte. L'appareil stérilisateur complet peut être porté sur une voiture, établi sur la place publique d'un village, et fonctionnant immédiatement, donner de l'eau potable quelques minutes après son installation.

Il suffirait d'une dépêche adressée à un poste central,

pour qu'en cas urgent, en quelques heures, le service soit régulièrement organisé.

On a vu des épidémies s'éteindre brusquement par la suppression de l'eau suspecte. Il devient donc indispensable d'obtenir ce même résultat chaque fois que sera signalée l'apparition d'un cas de maladie susceptible de se propager par l'eau de boisson.

Dans une ville comme Paris, ne serait-il pas possible, au lieu de fournir à des quartiers entiers de l'eau de Seine pendant les mois de l'année où il serait le plus indispensable de ne boire que de l'eau absolument irréprochable, ne serait-il pas possible de fournir de l'eau stérilisée.

Aussi conçoit-on que l'administration sanitaire française y attache un grand prix et se prépare à adjoindre le stérilisateur d'eau par l'ébullition au matériel sanitaire de désinfection qui lui permet d'assurer cette heureuse mesure dans les parties les plus reculées du territoire chaque fois qu'elle est informée de la nécessité de prendre cette mesure.

En dehors de ces cas spéciaux et imprévus, les grandes villes posséderont quelque jour des appareils de ce genre pour leurs besoins particuliers.

A Paris le budget de la ville pourrait supporter cette dépense et l'installation serait facile.

A Ivry même où se fait la prise d'eau de Seine il serait possible d'adjoindre des appareils à stérilisation ou mieux au voisinage des réservoirs d'eau de source.

On pourrait objecter que la quantité à stériliser serait trop considérable. Alors pourquoi d'un poste central de

stérilisateur installé à peu de frais dans les quartiers recevant momentanément de l'eau du fleuve, ne pas envoyer dans chaque maison, l'eau stérilisée transportée dans des voitures-réservoirs parfaitement lutées et reçue dans d'autres réservoirs spéciaux dont la capacité serait calculée d'après le nombre des habitants de chaque maison. La quantité à fournir serait minime, cette eau ne devant servir absolument qu'à la boisson. On pourrait pour n'être pas pris à court calculer cette quantité à raison de quatre litres par habitant et par jour, et toute l'eau qui n'aurait pas été employée dans les 24 heures serait jetée et remplacée par de la fraîche.

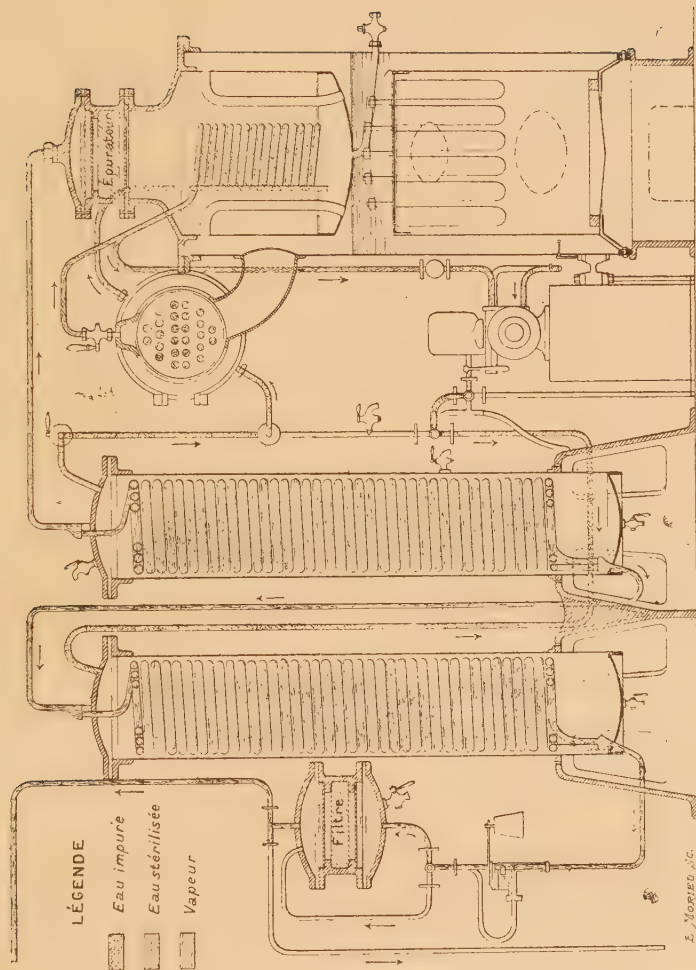
Le service de désinfection à domicile qui fonctionne aujourd'hui si régulièrement à la satisfaction générale a été certainement plus difficile à organiser que ne le serait celui-ci. Les propriétaires seraient tenus d'avoir à la disposition des locataires un réservoir conforme à un modèle donné, comme il a une boîte à ordures, et la répartition serait surveillée. Et que serait la dépense, pour une ville comme Paris, comparée au danger que nous fait courir à tous la consommation de l'eau de Seine !

b. — Alimentation privée. — Nous venons de voir ce qu'il serait possible de faire pour l'alimentation publique. Mais l'administration pourrait être aidée dans son œuvre sanitaire par les particuliers eux-mêmes. Dans les grandes cités ouvrières, dans les maisons où les locataires sont assez nombreux pour justifier l'emploi d'un stérilisateur l'administration n'aurait pas à intervenir. La distribution de l'eau stérilisée ferait partie du loyer comme l'éclairage de l'escalier, comme l'eau de Seine sur les évier,

comme l'eau dans les fosses d'aisances. Il a fallu peu d'années pour arriver à ces perfectionnements tous les jours plus parfaits.

Nous ne désespérons pas de voir celui-là s'ajouter un jour aux autres. Les riches comme toujours ouvriront la marche, les maisons ne se construiront plus sans ajouter ce perfectionnement à tous ceux qu'elles comportent déjà, et pour le reste, la ville pourrait y pourvoir sans grever son budget. Ce qu'elle dépenserait ici se retrouverait amplement compensé par la diminution des journées de maladie.

Depuis qu'on est arrivé à donner l'eau dans les plus petits logements d'ouvriers, on a ainsi facilité le louage et l'assainissement, la mortalité a diminué, elle baissera encore, et dans de notables proportions, le jour où on supprimera à Paris la consommation de l'eau de boisson, défectueuse, le principal agent de transmission de la fièvre typhoïde.



Appareil pour la stérilisation des eaux par la chaleur de MM. Rouart et Cie et Geneste-Herschel et Cie.

CONCLUSIONS

I. — L'eau est un des principaux, sinon le principal agent de propagation des germes infectieux.

II. — Il importe de n'employer comme eau de boisson qu'une eau privée de tous germes, soit naturellement, soit artificiellement.

III. — L'eau de source, même absolument pure, à son point d'émergence, s'infecte rapidement si elle n'est consommée de suite.

IV. — Les filtres sont à l'heure actuelle impuissants à réaliser la stérilisation absolue de l'eau qui les traverse.

V. — L'ébullition, prolongée pendant vingt minutes à 100°, prive l'eau de la totalité de ses germes. Mais cette eau doit être promptement consommée car le refroidissement l'expose à une contamination rapide.

VI. — La stérilisation par l'ébullition sous pression, avec refroidissement par échange en vase clos, procure une eau absolument exempte de tout germe infectieux, digestible, suffisamment aérée et sa température, voisine de la température initiale, en permet la consommation immédiate.

VII. — Ce procédé est d'une application industrielle pratique; il offre, par l'alimentation en eau potable des agglomérations habitées, de réelles et sérieuses garanties, surtout en temps d'épidémie.

BIBLIOGRAPHIE

Arnould. — Nouveaux éléments d'hygiène, Baillière, 1889.

P. Brouardel. — Discours sur la dépopulation de la France
(Bulletin Ac. de médecine, 1890).

Cornil et Babès. — Les bactéries.

D^r O. du Mesnil. — Les eaux de boisson et la fièvre typhoïde
à Brest. Annales d'hyg. publ. et de méd. légale, 3^e série,
t. XXVI, n. 2.

— Les eaux consommées à Toulon, Lorient, Rochefort,
et la fièvre typhoïde dans l'armée de mer. Annales
d'hyg. publ. et de méd. légale, 3^e série, t. XXVI, n. 4.

D^r Gabriel Pouchet. — Projet d'épuration des eaux de la
Divette par les puits filtrants du système Lefort. Annales
d'hyg. publ. et de méd. légale, 3^e série, t. XXVII, n. 4.

D^r Miquel. — Analyses bactériologiques des eaux, Paris, 1891.

H. de Veragny. — Les bactéries de la glace. Revue sanitaire
de Bordeaux (août 1887).

D^r Z... — La stérilisation des eaux par la chaleur. *La Nature* du
21 mai 1892.

Guinard. — A propos de l'utilisation de l'eau bouillie dans
l'alimentation. Journal des connaissances médicales,
1890.

Vu par le Président de la thèse,
BROUARDEL

Vu par le Doyen,
BROUARDEL

Vu et permis d'imprimer,
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD

HENRI JOUVÉ, Imprimeur de la Faculté de médecine, 15, rue Racine, Paris.

